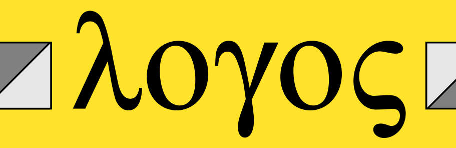
Studien zum Physik- und Chemielernen

M. Hopf, H. Niedderer, M. Ropohl, E. Sumfleth [Hrsg.]

336

Alina Behrendt

# Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I



# Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf, Hans Niedderer, Mathias Ropohl und Elke Sumfleth

Diese Reihe im Logos Verlag Berlin lädt Forscherinnen und Forscher ein, ihre neuen wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen im Kontext einer Vielzahl von bereits erschienenen Arbeiten zu quantitativen und qualitativen empirischen Untersuchungen sowie evaluativ begleiteten Konzeptionsentwicklungen zu veröffentlichen. Die in den bisherigen Studien erfassten Themen und Inhalte spiegeln das breite Spektrum der Einflussfaktoren wider, die in den Lehr- und Lernprozessen in Schule und Hochschule wirksam sind.
Die Herausgeber hoffen, mit der Förderung von Publikationen, die sich mit dem Physik- und Chemielernen befassen, einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Verbesserung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Martin Hopf, Hans Niedderer, Mathias Ropohl und Elke Sumfleth

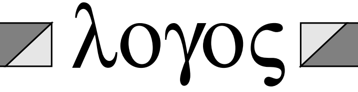
*Studien zum Physik- und Chemielernen*

Band 336

Alina Behrendt

# Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I

Logos Verlag Berlin



*Studien zum Physik- und Chemielernen*
Martin Hopf, Hans Niedderer, Mathias Ropohl und Elke Sumfleth [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.



ISBN 978-3-8325-5498-9
ISSN 1614-8967

Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
D-12681 Berlin
Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92
https://www.logos-verlag.de

# Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I

## Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
– Dr. rer. nat. –

vorgelegt von

**Alina Behrendt**

geboren in Moers

Fakultät für Chemie
der
Universität Duisburg-Essen

**2022**

Die vorliegende Arbeit wurde im Zeitraum von Oktober 2018 bis Februar 2022 im Arbeitskreis von Prof. Dr. Maik Walpuski in der Didaktik der Chemie der Universität Duisburg-Essen durchgeführt.

Tag der Disputation: 22. April 2022

Gutachter: Prof. Dr. Maik Walpuski

Prof. Dr. Elke Sumfleth

Vorsitzender: Prof. Dr. Sebastian Schlücker

„Gegen das Fehlschlagen eines Plans
gibt es keinen besseren Trost,
als auf der Stelle einen neuen zu machen.“

(Jean Paul)

## Inhaltsverzeichnis

## 1. Einleitung

Im Laufe ihres Lebens werden Menschen immer wieder mit Übergängen zwischen verschiedenen Bildungsinstitutionen konfrontiert. Einer davon ist der Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I. Schülerinnen und Schüler verlassen zu diesem Zeitpunkt die ihnen bekannte Grundschule und wechseln in eine ihnen noch nicht vertraute weiterführende Schule. Aus diesem Wechsel der Institutionen ergeben sich verschiedene allgemeine und fachspezifische Herausforderungen, die es erfolgreich zu bewältigen gilt. Aus fachlicher Sicht kommt dabei dem Sachunterricht eine besondere Bedeutung zu, da dieses Fach in der weiterführenden Schule als solches nicht mehr unterrichtet wird. Stattdessen knüpfen eine Reihe von Fachdisziplinen an den Sachunterricht an, die den Schülerinnen und Schülern bei Eintritt in die Sekundarstufe I noch unbekannt sind.

In Nordrhein-Westfalen, wie auch in den meisten anderen Bundesländern, endet der Sachunterricht mit dem Ende der Grundschulzeit in der Jahrgangsstufe 4 (MSW NRW, 2008). Es knüpfen jedoch nicht alle Bezugsdisziplinen der Sekundarstufe I unmittelbar in der Jahrgangsstufe 5 daran an. So setzt der Chemieunterricht in Nordrhein-Westfalen beispielsweise frühestens in der Jahrgangsstufe 7 ein (MSW NRW, 2013). Dadurch umfasst der Übergang zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht einen Zeitraum von mindestens zwei Jahren. Dieser Übergang wird folglich zu einer besonderen Herausforderung, da zu Beginn des Chemieunterrichts an einen mindestens zwei Jahre zurückliegenden Sachunterricht angeknüpft werden soll.

Ziel dieses Anknüpfens an die im Sachunterricht bereits erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen ist das Ermöglichen von kumulativen Lernprozessen nicht nur innerhalb jedes der beteiligten Fächer, sondern auch über die Grenzen der Fächer und Schulstufen hinaus. Schülerinnen und Schüler sollen die Möglichkeit erhalten, neue Inhalte effizient in ihr bestehendes Wissensnetz zu integrieren (Fischer et al., 2007; Lee, 2012). Solche kumulativen Lernprozesse werden durch aneinander anknüpfende Kompetenzerwartungen in den Lehrplänen für die Fächer Sachunterricht und Chemie in Nordrhein-Westfalen bereits angeregt (MSW NRW, 2008, 2013). Dennoch lassen die Ergebnisse verschiedener Schulleistungsstudien vermuten, dass die naturwissenschaftlichen und damit auch chemiebezogenen Kompetenzen sich nach dem Übergang in die Sekundarstufe I nicht in dem Maße weiterentwickeln wie vorgesehen. Während sich in TIMSS 2019 beispielsweise 72.4 % der deutschen Schülerinnen und Schüler der vierten Jahrgangsstufe auf einem mittleren bis hohen Kompetenzniveau in den Naturwissenschaften befanden (Steffensky et al., 2020), erreichten in PISA 2018 nur 58.4 % der deutschen 15-Jährigen ein vergleichbar hohes Kompetenzniveau (OECD, 2019).

Da der Übergang zwischen dem Sachunterricht und seinen naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen bisher eher mit Blick auf affektive Merkmale der Schülerinnen und Schüler in den Blick genommen wurde und die chemiebezogenen Kompetenzen erst ab dem ersten Lernjahr des Chemieunterrichts untersucht wurden, ist noch wenig über die chemiebezogenen Kompetenzen von Lernenden innerhalb der Übergangsphase bekannt. Deshalb ist es das Ziel der vorliegenden Arbeit, die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb dieser Übergangsphase sowie im daran anknüpfenden ersten Lernjahr des Chemieunterrichts zu beschreiben.

Zu diesem Zweck wurde ein Testinstrument entwickelt und zur Messung der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu verschiedenen Zeitpunkten eingesetzt. Ursprünglich war dabei eine Betrachtung der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler in einem Quasi-Längsschnitt mit zwei Messzeitpunkten geplant. Aufgrund der Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie mussten die Datenerhebungen des zweiten Messzeitpunktes jedoch in einem veränderten Format von zu Hause aus durchgeführt werden, sodass die Daten der zwei Messzeitpunkte nicht mehr direkt miteinander verglichen werden konnten. Wegen der insgesamt deutlich verkleinerten Stichprobe wurden nach Ende der Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie erneut Daten in allen für die Übergangsphase und das erste Lernjahr im Fach Chemie relevanten Jahrgangsstufen erhoben. Im Anschluss daran wurden alle erhobenen Daten genutzt, um die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu beschreiben. Die Studie wurde dabei in zwei Teile untergliedert. Zuerst wurden in der Hauptstudie die Daten des ersten Messzeitpunktes genutzt, um Aussagen über die Kompetenzen der Lernenden zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase treffen zu können. Im Anschluss wurden dann in einer Ergänzungsstudie alle erhobenen Daten genutzt, um die vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen vor und nach den Schulschließungen zu vergleichen und die Ergebnisse verschiedener Erhebungsdesigns einander gegenüberzustellen. So konnten die von Hammerstein et al. (2021) beschriebenen negativen Auswirkungen der Schulschließungen auf die Leistungen von Lernenden auch fachspezifisch für die Übergangsphase untersucht werden.

Diese Trennung der Studie in zwei Teile spiegelt sich auch in der Gliederung der Arbeit wider. Nach dem theoretischen Hintergrund folgen zunächst das Ziel der Arbeit sowie die zugehörigen Forschungsfragen. Daraufhin werden die Erhebungsinstrumente, die Methodik, die Pilotstudie und anschließend die Hauptstudie zur Beantwortung dieser Forschungsfragen beschrieben. Durch eine Beschreibung der Veränderung des Erhebungsdesigns aufgrund der Corona-Pandemie wird anschließend zur Ergänzungsstudie inklusive der dort bearbeiteten zusätzlichen Forschungsfragen übergeleitet.

# 2. Theoretischer Hintergrund

Um Klarheit über die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Begrifflichkeiten und Hintergründe zu erhalten, wird im Folgenden zunächst der Kompetenzbegriff im Allgemeinen und bezogen auf die Naturwissenschaften erläutert. Im Anschluss daran wird der Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I in den Blick genommen und mit den vorherigen Überlegungen zu den naturwissenschaftlichen Kompetenzen in Beziehung gesetzt. Zuletzt folgt ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung.

## 2.1 Kompetenzen

Zur Beschreibung des Kompetenzbegriffes wird häufig die von Weinert (2001) aufgestellte Definition herangezogen. Demnach sind Kompetenzen

> „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können." (Weinert, 2001, S. 27–28)

In dieser Definition beinhalten Kompetenzen sowohl kognitive als auch affektive Dispositionen. Im Bildungskontext werden jedoch häufig ausschließlich die kognitiven Aspekte betrachtet, während die affektiven Komponenten nicht berücksichtigt werden (Klieme, 2004; Klieme & Leutner, 2006). Trotz dieser Einschränkung handelt es sich bei Kompetenzen nicht um die traditionellen Inhaltslisten mit fachsystematischer Gliederung, sondern es geht vielmehr darum, das Wissen mit dem Können zu verknüpfen und dadurch zur Bewältigung verschiedener Situationen befähigt zu werden (Klieme, 2004). Auch die durch die Kultusministerkonferenz (KMK) festgelegten Bildungsstandards, welche eine Festlegung von Zielen für schulische Lehr- und Lernprozesse darstellen, füllen die Kompetenzdefinition von Weinert nicht vollständig aus, sondern konzentrieren sich vor allem auf kognitive Leistungsbereiche (Klieme, 2004). Da im Rahmen dieser Arbeit die durch schulische Lehr- und Lernprozesse erworbenen Kompetenzen betrachtet werden, findet auch hier eine Einschränkung des Begriffes auf die kognitive Dimension von Kompetenz statt.

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass Kompetenzen zur Bewältigung von spezifischen Situationen befähigen und für diese Situationen erlernbar sind. Dieses Verständnis von Kompetenz wird der vorliegenden Arbeit zugrunde gelegt.

### 2.1.1 Messung von Kompetenzen

Wenn Kompetenzen im Bildungskontext gemessen werden, muss zunächst festgelegt werden, welche Ziele mit der Messung verfolgt werden sollen. Dabei können sowohl Ziele auf der Ebene individueller Lernergebnisse als auch auf der Ebene einer gesamten Klasse, einer gesamten Schule oder eines größeren Systems angestrebt werden (Koeppen et al., 2008). Bei der Messung von Kompetenzen auf der Ebene eines solchen größeren Systems geht es um die „Diagnose eines Zustands in einem Ausschnitt des Bildungssystems und dessen Bedingungsfaktoren" (Kauertz et al., 2008, S. 76). Es werden folglich keine Aussagen über die Kompetenzen einzelner Schülerinnen und Schüler

getätigt und zurückgemeldet, sondern eine Stichprobe wird in ihrer Gesamtheit betrachtet und auf die Kompetenzen hin analysiert, die unter bestimmten Bedingungen oder innerhalb verschiedener Teilstichproben im Mittel vorliegen. Laut Klieme und Leutner (2006) kommt der so angelegten Kompetenzmessung eine Schlüsselfunktion für die Optimierung von Bildungsprozessen und für die Weiterentwicklung des Bildungswesens zu.

Das systematische Messen von Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ist in Deutschland inzwischen fester Bestandteil der Bildungslandschaft geworden. Dies hängt im Wesentlichen mit dem Beschluss der Gesamtstrategie der KMK zum Bildungsmonitoring im Juni 2006 zusammen, in dem vereinbart wurde, „dass der Weg hin zu einer an den Ergebnissen von Bildungsprozessen orientierten Steuerung des Bildungswesens kontinuierlich überprüft und [gegebenenfalls] angepasst werden muss“ (KMK, 2016, S. 5). Die Kompetenzmessung im Rahmen dieser Gesamtstrategie wird als für die Sicherung und Weiterentwicklung der Bildungsqualität in Deutschland unverzichtbar angesehen, auch weil bereits messbare Fortschritte beobachtet werden können. Folglich soll auch in Zukunft weiter mit wissenschaftlich fundierten Messverfahren überprüft werden, inwieweit die Ziele der Kompetenzmodelle internationaler Schulleistungsstudien und der Bildungsstandards erreicht werden. Die Gesamtstrategie sieht dabei unter anderem vor, an internationalen Schulleistungsstudien teilzunehmen sowie innerhalb von Deutschland die Bildungsstandards für die Primarstufe, Sekundarstufe I und die Allgemeine Hochschulreife zu überprüfen und umzusetzen (KMK, 2016). Die internationalen Schulleistungsstudien und die innerhalb Deutschlands durchgeführten Erhebungen werden im Folgenden kurz vorgestellt.

Deutschland beteiligt sich an insgesamt drei internationalen Schulleistungsstudien. Eine dieser Studien ist die *Programme for International Reading Literacy Study* (PIRLS)/*Internationale Grundschul-Leseuntersuchung* (IGLU), welche die Lesekompetenz in den Blick nimmt und diese in einem fünfjährigen Rhythmus in der Primarstufe erhebt (KMK, 2016). Eine weitere Studie ist die *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS), in welcher die mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Viertklässlerinnen und Viertklässlern in einem vierjährigen Rhythmus erhoben werden (Bos et al., 2016; KMK, 2016). Deutschland beteiligte sich an dieser Studie bisher in den Jahren 2007, 2011, 2015 und 2019. Hierdurch wird nicht nur ein Blick auf den aktuellen Kompetenzstand der Schülerinnen und Schüler im internationalen Vergleich, sondern auch ein Blick auf die Entwicklungen der mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen deutscher Schülerinnen und Schüler seit 2007 möglich (Bos et al., 2016). Die dritte Studie ist das *Programme for International Student Assessment* (PISA), welches in einem dreijährigen Rhythmus stattfindet (KMK, 2016). In dieser Studie werden die Basiskompetenzen der 15-jährigen Schülerinnen und Schüler in den drei Bereichen Lesen, Mathematik und Naturwissenschaften untersucht. In jeder Erhebung steht dabei einer der drei Kompetenzbereiche im Vordergrund (KMK, 2016; Reiss et al., 2019). Die naturwissenschaftlichen Kompetenzen wurden beispielsweise schwerpunktmäßig zuletzt im Jahr 2015 erfasst (Reiss et al., 2016). Zusätzlich zu den drei Kompetenzbereichen wird ein jeweils wechselnder weiterer Schwerpunkt wie zum Beispiel die Problemlösekompetenz in den Blick genommen (KMK, 2016).

Zusätzlich zu der Teilnahme an internationalen Schulleistungsstudien wird auch innerhalb Deutschlands überprüft, inwiefern Schülerinnen und Schüler die Kompetenzerwartungen der hier gültigen Bildungsstandards erreichen (KMK, 2016). Dazu wird vom Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) ein Ländervergleich in der Primarstufe und Sekundarstufe I der verschiedenen Bundesländer durchgeführt. Dieser Ländervergleich richtet sich durch einen Bezug zu den Bildungsstandards stärker an der Schulpraxis in Deutschland aus als die internationalen Erhebungen (KMK, 2016; Stanat et al., 2019). Seit 2015 wird die Erhebung nicht mehr als IQB-Ländervergleich, sondern als IQB-Bildungstrend bezeichnet, weil sich seitdem Erhebungen für bestimmte Jahrgangsstufen und Fächer wiederholen und erstmalig auch Entwicklungstrends betrachtet werden können. Beispielsweise wurden mit dem IQB-Bildungstrend 2018 zum zweiten Mal nach 2012 Ergebnisse dazu bekanntgegeben, welches Kompetenzniveau die Neuntklässlerinnen und Neuntklässler in den Fächern Mathematik, Biologie, Chemie und Physik in den verschiedenen Ländern erreichen (Stanat et al., 2019).

Neben den vorgestellten großangelegten Studien, die sich auf repräsentative Stichproben stützen, werden in Deutschland auch sogenannte Vergleichsarbeiten (VERA) in der Primarstufe und Sekundarstufe I durchgeführt (KMK, 2016). Es handelt sich dabei um landesweite Erhebungen in bestimmten Jahrgangsstufen, welche die Leistungen einzelner Schulen und Klassen in ausgewählten Domänen erfassen. Die Vergleichsarbeiten dienen primär der Unterrichts- und Schulentwicklung (KMK, 2016).

### 2.1.2 Scientific Literacy

Nachdem bisher Kompetenzen sowie die Messung dieser im Allgemeinen betrachtet wurden, werden im Folgenden die naturwissenschaftlichen Kompetenzen genauer beleuchtet. Die naturwissenschaftsbezogenen Anteile der Bildung eines Menschen werden in der einschlägigen Literatur auch mit dem Begriff Scientific Literacy beschrieben (Gräber et al., 2002). Dabei handelt es sich um einen häufig diskutierten und unterschiedlich definierten Begriff. So besteht Scientific Literacy beispielsweise für Bybee (2002) aus verschiedenen Niveaus naturwissenschaftlichen Verständnisses, wobei jeder Mensch in den verschiedenen Bereichen über unterschiedliche Ausprägungen von Scientific Literacy verfügen kann und sich das Wissen, das Verständnis und die Fähigkeiten in diesen ein Leben lang weiterentwickeln können. Er unterscheidet dabei die in Tabelle 1 beschriebenen vier Dimensionen von Scientific Literacy:

*Tabelle 1: Dimensionen von Scientific Literacy (Bybee, 2002, S. 31)*

| Nominale Scientific Literacy |
|---|
| • Identifiziert Begriffe und Fragen als naturwissenschaftlich, zeigt jedoch falsche Themen, Probleme, Informationen, Wissen oder Verständnis.<br>• Falsche Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Konzepten und Prozessen.<br>• Unzureichende und unangemessene Erklärungen naturwissenschaftlicher Phänomene.<br>• Aktuelle Äußerungen zu Naturwissenschaften sind naiv. |
| Funktionale Scientific Literacy |
| • Verwendet naturwissenschaftliches Vokabular.<br>• Definiert naturwissenschaftliche Begriffe korrekt.<br>• Lernt technische Ausdrücke auswendig. |
| Konzeptionelle und prozedurale Scientific Literacy |
| • Versteht Konzepte der Naturwissenschaft.<br>• Versteht prozedurales Wissen und Fertigkeiten in der Naturwissenschaft.<br>• Versteht Beziehungen zwischen den einzelnen Teilen einer naturwissenschaftlichen Disziplin und konzeptionelle Struktur.<br>• Versteht die grundlegenden Prinzipien und Prozesse der Naturwissenschaft. |
| Multidimensionale Scientific Literacy |
| • Versteht die Besonderheiten der Naturwissenschaft.<br>• Unterscheidet Naturwissenschaft von anderen Disziplinen.<br>• Kennt Geschichte und Wesen der naturwissenschaftlichen Disziplinen.<br>• Begreift Naturwissenschaft in einem sozialen Kontext. |

Auch Gräber et al. (2002) sehen Scientific Literacy als ein Zusammenwirken mehrerer Facetten. Sie sprechen dabei von einem Bündel fachlicher und überfachlicher Kompetenzen, deren Schnittmenge sie als Scientific Literacy betrachten (Gräber et al., 2002). Abbildung 1 gibt einen Überblick über die Kompetenzen, die in dieser Definition von Scientific Literacy enthalten sind.

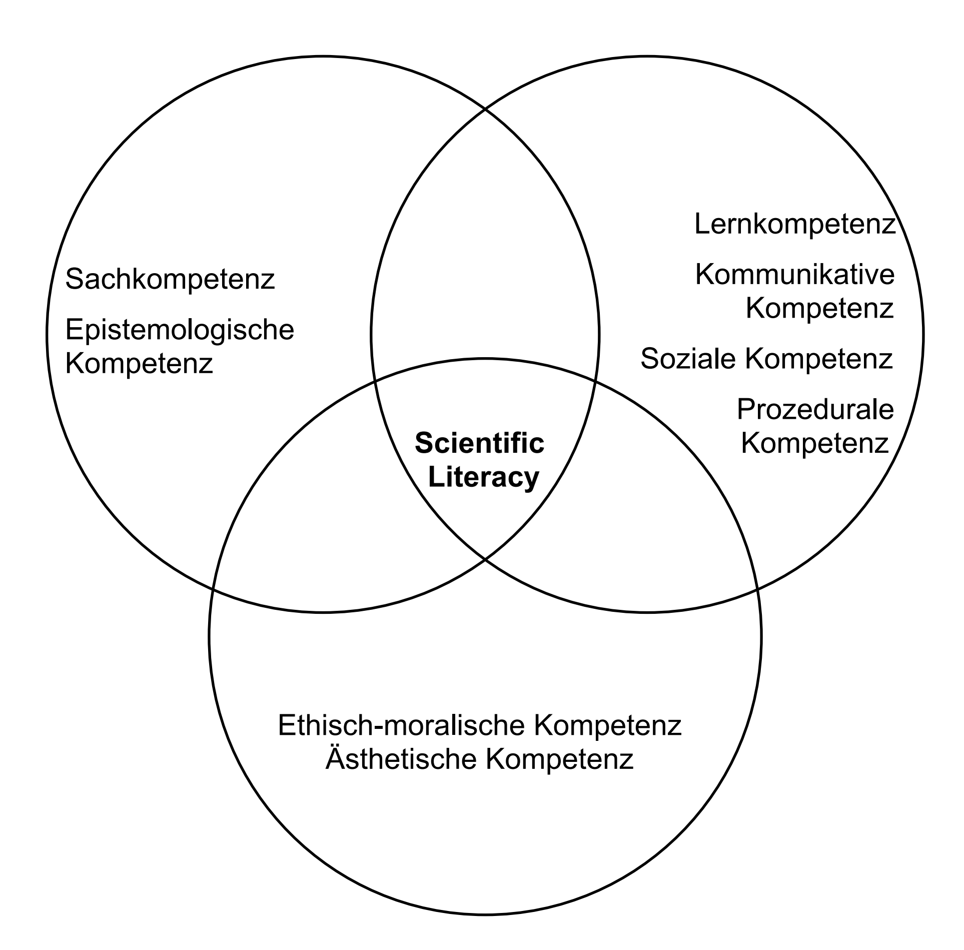



*Abbildung 1: Scientific Literacy: Schnittmenge verschiedener Kompetenzen (Gräber et al., 2002, S. 137)*

Beide genannten Modelle zeigen bisher lediglich die Struktur von Scientific Literacy auf, nicht aber, wie diese erworben wird oder wie Lernende beim Erwerb dieser unterstützt werden können. Ein mögliches Hilfsmittel dafür sind die von der American Association for the Advancement of Science (AAAS) im Rahmen des *Project 2061* entwickelten *Benchmarks for Science Literacy*. Dabei handelt es sich um aufeinander aufbauende Lernziele, die Lehrkräften dabei helfen sollen, Lernende beim Erwerb von Scientific Literacy vom Kindergarten bis zum Ende der Jahrgangsstufe 12 zu unterstützen (AAAS, 2001, 2013). Diese Lernziele sind zwar für die USA und das dort vorherrschende Bildungssystem konzipiert worden, haben aber auch international eine hohe Relevanz. So tätigen beispielsweise Atkin et al. (1997, S. 233) die folgende Aussage: „Project 2061 produced a clear and comprehensive vision of what everyone should know about science." Hierdurch wird deutlich, dass die aufgestellten Lernziele nicht ausschließlich für die USA gültig sind, sondern auch auf andere Länder und Bildungssysteme übertragen werden können. Dass das Verständnis des Aufbaus naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Lernenden im internationalen Vergleich Ähnlichkeiten aufweist, zeigt auch die Strukturierung der Naturwissenschaften durch verschiedene Basiskonzepte, welche nicht nur durch die AAAS (2001) bei der Strukturierung der *Benchmarks for Science Literacy* benannt werden, sondern auch in ähnlicher Form beispielsweise in den Bildungsstandards für die naturwissenschaftlichen Fächer in Deutschland wiederzufinden sind und dort eine wichtige Grundlage darstellen (KMK, 2005).

Dieser grundsätzlich ähnlichen Zielsetzung naturwissenschaftlicher Bildung in den verschiedenen Ländern steht eine große Vielfalt an naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern in den Schulen gegenüber. In den *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 2001, 2013) oder auch den *Next Generation Science Standards* (National Research Council, 2013) wird deutlich, dass in den USA die Naturwissenschaften in einem übergeordneten Unterrichtsfach *Science* zusammengefasst werden. Es existieren jedoch auch Länder, in denen die Naturwissenschaften im schulischen Kontext bereits in einzelne Disziplinen unterteilt werden. In Europa beispielsweise wird ein übergreifendes naturwissenschaftliches Fach zwar in allen Ländern zu Beginn der Primarstufe unterrichtet, dieses wird jedoch in den meisten Ländern beim Übergang in die Sekundarstufe I oder im Laufe der Sekundarstufe I durch einen nach den Fachdisziplinen Biologie, Physik und Chemie getrennten Unterricht ersetzt. Nur wenige europäische Länder unterrichten die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe I durchgehend in einem übergreifenden Fach (Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur, 2011). In Deutschland kommt hier eine weitere Besonderheit hinzu. Während in den meisten anderen Ländern die Naturwissenschaften bereits in der Grundschule ein eigenes Fach darstellen, werden diese in deutschen Grundschulen in den Sachunterricht integriert, der neben den Naturwissenschaften auch die Gesellschaftswissenschaften einbezieht (Steffensky et al., 2020). Erst mit Beginn der Sekundarstufe I werden die Naturwissenschaften dann von anderen Fachbereichen getrennt und je nach Bundesland entweder in einem integrierten naturwissenschaftlichen Fach oder aber separat nach einzelnen Fachdisziplinen unterrichtet (Möller, 2014).

Die grundlegenden Ziele naturwissenschaftlicher Bildung unterscheiden sich dabei zwischen der Grundschule und der weiterführenden Schule kaum. Für die naturwissenschaftliche Perspektive des Sachunterrichts formuliert die Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU) im Perspektivrahmen Sachunterricht Schwerpunkte einer elementaren naturwissenschaftlichen Bildung, welche auch Aspekte der oben genannten Definitionen von Scientific Literacy beinhalten: Dabei handelt es sich um das Wahrnehmen, Erkennen und Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene, das Anwenden naturwissenschaftlicher Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, das Erkennen des Wesens naturwissenschaftlichen Wissens, die Bedeutung für das eigene Handeln sowie die Reflexion und Bewertung des eigenen Lernens in naturwissenschaftlichen Sachverhalten (GDSU, 2013). In den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss wird die naturwissenschaftliche Bildung für die Sekundarstufe I ebenfalls als ein wesentlicher Bestandteil der Allgemeinbildung betrachtet, welcher dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung ermöglichen soll. Dazu gehören das Erfahrbarmachen von Phänomenen, das Verständnis für Sprache und Historie der Naturwissenschaften, das Kommunizieren von Ergebnissen, die Auseinandersetzung mit spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und ihren Grenzen sowie eine Orientierung für naturwissenschaftlich-technische Berufsfelder (KMK, 2005). Einige dieser Aspekte lassen sich ebenfalls in den genannten Definitionen von Scientific Literacy wiederfinden.

Die grundlegenden Ziele naturwissenschaftlicher Bildung in Deutschland sind folglich vergleichbar mit den Zielen in anderen Ländern und unterscheiden sich auch zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I nicht wesentlich. Die Unterschiede zwischen der Grundschule und der weiterführenden Schule in der Fächerstruktur sind durch die

Einbettung der Naturwissenschaften in das übergreifende Fach Sachunterricht in der Grundschule jedoch anders als in den meisten anderen Ländern. Daraus resultieren in Deutschland möglicherweise auch besondere Herausforderungen für den Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I bezogen auf die Naturwissenschaften. Aus diesem Grund wird dieser Übergang im Folgenden genauer betrachtet.

## 2.2 Der Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften

Um die besonderen Herausforderungen des Übergangs zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I bezogen auf die Naturwissenschaften zu identifizieren, wird dieser Übergang mit seinen spezifischen Merkmalen und den daraus resultierenden Anforderungen an die Schülerinnen und Schüler im Folgenden zunächst allgemein und anschließend fachspezifisch für die Naturwissenschaften beschrieben.

### 2.2.1 Merkmale des Übergangs von der Primarstufe zur Sekundarstufe I

Übergänge können im Allgemeinen als Situationen beschrieben werden, in denen Individuen sich von ihren alten Lebens- und Erfahrungsräumen verabschieden und gleichzeitig in neuen Lebens- und Erfahrungsräumen ankommen. Da Personen dabei in unbekannte und fremde Situationen eintreten, werden Übergänge auch als sensible Phasen betrachtet (Kramer et al., 2009). Eine solche sensible Phase durchlaufen auch Schülerinnen und Schüler beim Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule, welcher in Deutschland meist nach der Jahrgangsstufe 4 und in einigen wenigen Bundesländern nach der Jahrgangsstufe 6 stattfindet (KMK, 2015). Dieser Übergang stellt insofern eine besondere Herausforderung dar, als dass hier nicht nur der Wechsel von einer Institution in die andere stattfindet, sondern zudem auch eine Entscheidung für den passenden Bildungsgang getroffen werden muss (Liegmann, 2014). Es werden in diesem Übergang folglich „entscheidende Weichen für die Schullaufbahn und damit auch für das weitere Leben gestellt“ (Giest & Marquardt-Mau, 2013, S. 5). Nach Munser-Kiefer und Martschinke (2018) handelt es sich bei diesem Übergang zum einen um einen vertikalen und zum anderen um einen normativ-institutionellen Übergang, da dieser zwar durch einige Freiheitsspielräume für die individuelle Umsetzung gekennzeichnet ist, aber in erster Linie relativ starre Vorgaben beinhaltet und nicht frei entscheidbar ist.

Die beschriebenen Merkmale dieses Übergangs führen dazu, dass Kinder in dieser Phase deutliche Veränderungen ihrer Lebenssituation erfahren (Rieck & Fischer, 2010). Es handelt sich beim Übergang in die weiterführende Schule um ein prozesshaftes Geschehen mit ständigen Veränderungen, die jede Menge Anpassungsleistungen der Schülerinnen und Schüler erfordern (Munser-Kiefer & Martschinke, 2018; van Ophuysen, 2018). Diese können im Allgemeinen auf drei verschiedenen Ebenen beschrieben werden: auf Ebene der schulorganisatorischen Rahmenbedingungen, auf Ebene der sozialen Beziehungen und auf Ebene des Lernens und Leistens (Schürer et al., 2006; van Ophuysen, 2018; van Ophuysen & Harazd, 2011). Auf schulorganisatorischer Ebene müssen die Schülerinnen und Schüler sich beispielsweise an eine größere räumliche Entfernung der Schule zum Wohnort, an ein größeres Schulgebäude mit mehr Mitschülerinnen und Mitschülern und an längere Unterrichtszeiten gewöhnen. Auf Ebene der sozialen Beziehungen müssen Schülerinnen und Schüler mit dem Abbrechen alter

Kontakte und dem Aufbauen neuer Kontakte sowie einer veränderten und eher distanzierten Beziehung zwischen Schülerinnen und Schülern und Lehrkräften zurechtkommen. Auf Ebene des Lernens und Leistens kommen neue Fächer, ein nach dem Fachlehrerprinzip anstelle des früheren Klassenlehrerprinzips organisierter Stundenplan, Fachräume, eine stärkere Fach- und Wissenschaftsorientierung, andere Unterrichtsmethoden, erhöhter Leistungsdruck und ein erhöhtes Anforderungsniveau sowie eine stärkere Orientierung an der sozialen Bezugsnorm auf die Schülerinnen und Schüler zu (Beck, 2002; Hacker, 1997; Schürer et al., 2006; van Ophuysen, 2018; van Ophuysen & Harazd, 2011).

All diese Veränderungen, an die die Kinder sich anpassen müssen, machen den Übergang für sie zu einem kritischen Lebensereignis (Büchner & Koch, 2001; van Ophuysen & Harazd, 2011). Das Gelingen des Übergangs hat für die Kinder einen hohen biografischen Stellenwert für das weitere Leben insgesamt sowie auch für alle weiteren noch folgenden Übergänge und deren erfolgreiche Bewältigung (Kramer et al., 2009; Meidinger, 2010). Scheitern die Kinder an der Bewältigung der bestehenden Anforderungen, kann der Übergang als Bruch oder Diskontinuität im Lebenslauf wahrgenommen werden (Büchner & Koch, 2001). Neben diesem bestehenden Risiko kann er jedoch auch eine Chance darstellen, die bisherigen Erfahrungen zu erweitern und sich zu entwickeln (Kramer et al., 2009; van Ophuysen & Harazd, 2011). Da ein solcher gelungener Übergang zu einem gesteigerten Selbstwertgefühl, neuem Wohlbefinden, größerer Flexibilität, erweitertem Handlungspotenzial und einer Kompetenzerweiterung bei den Schülerinnen und Schülern führt (Meidinger, 2010), sollten nach Möglichkeit Bedingungen geschaffen werden, die die Kinder bei einer erfolgreichen Bewältigung der Anforderungen unterstützen. Eine gute Voraussetzung für das Gelingen des Übergangs sind beispielsweise positive und gleichzeitig realistische Erwartungen an den Übergang seitens der Kinder und die damit einhergehende Überzeugung, die anstehenden Anforderungen erfolgreich bewältigen zu können (Rieck & Fischer, 2010; van Ophuysen & Harazd, 2011).

An der Herstellung solcher günstigen Bedingungen für die erfolgreiche Bewältigung des Übergangs sind nicht nur die Kinder selbst beteiligt, die auf die an sie gestellten Herausforderungen reagieren und diese mit ihren Bewältigungskompetenzen meistern müssen. Auch weitere Akteurinnen und Akteure tragen zu einem gelungenen Übergang bei. So können beispielsweise die Eltern ihre Kinder unterstützen, indem sie die notwendigen Freiheitsspielräume gewähren und ihren Kindern die nötige Hilfestellung bei der Bewältigung der Anforderungen bieten. Auch die abgebende und die aufnehmende Schule haben ihren Anteil an der Übergangsgestaltung. Während die Grundschule dafür Sorge trägt, dass auf die bevorstehenden Anforderungen vorbereitet wird und das entsprechende Bewältigungswissen und -verhalten gefördert werden, muss die weiterführende Schule die Anforderungen transparent kommunizieren, diese bei Bedarf anpassen und wenn nötig Hilfestellung bei der Bewältigung leisten (Hacker, 1997; Munser-Kiefer & Martschinke, 2018; Schürer et al., 2006). Diese Verantwortung beider beteiligter Schulformen wird auch von der KMK (2015) betont und durch Vorschläge zur Kooperation zwischen Lehrkräften beider Schulstufen konkretisiert. Ziel einer solchen Kooperation sollte es sein, dass Grundschullehrkräfte wissen, auf welche Veränderungen ihre Schülerinnen und Schüler vorbereitet werden müssen, und dass Lehrkräfte weiterführender

Schulen entsprechend wissen, mit welchen Vorerfahrungen ihre Schülerinnen und Schüler in die Schule kommen (Schürer et al., 2006). Kooperationen zwischen Lehrkräften beziehungsweise Schulen können beispielsweise durch gegenseitige Besuche zum Tag der offenen Tür, gegenseitige Hospitationen im Unterricht, gemeinsame Besprechungen zum Austausch über Schülerinnen und Schüler oder über Unterrichtsmethoden und Unterrichtsinhalte sowie durch gemeinsame Fortbildungen gestaltet werden (KMK, 2015; Meidinger, 2010; Porsch, 2018).

Alle genannten Herausforderungen, Gelingensbedingungen und Möglichkeiten zur Gestaltung des Übergangs beziehen sich bis hierhin auf den Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I im Allgemeinen. Es ergeben sich jedoch zusätzlich spezifische Anforderungen und daraus abgeleitete Konsequenzen für die Gestaltung des Übergangs für die verschiedenen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer. Diese werden im folgenden Kapitel genauer betrachtet.

### 2.2.2 Besonderheiten des Übergangs in den Naturwissenschaften

Wie im Kapitel zur Scientific Literacy bereits beschrieben, werden die naturwissenschaftlichen Disziplinen in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern in der Grundschule nicht als ein eigenes Fach unterrichtet, sondern in den Sachunterricht integriert (Steffensky et al., 2020). Im Gegensatz zu anderen Fächern der Grundschule, welche als bereits bekannte Unterrichtsfächer auch in der Sekundarstufe I wieder auftreten, existiert das Fach Sachunterricht als solches nur in der Grundschule und wird in der Sekundarstufe I in dieser Form nicht weitergeführt. Stattdessen greifen unterschiedliche gesellschaftswissenschaftliche und naturwissenschaftliche Fächer der Sekundarstufe I auf Inhalte zurück, die bereits im Sachunterricht der Grundschule thematisiert wurden (Demuth & Kahlert, 2007). Gleichzeitig orientiert sich der Sachunterricht bereits an den verschiedenen Bezugsdisziplinen und berücksichtigt sie in elementarer Form (MSB NRW, 2021; MSW NRW, 2008). Dabei steht das einzelne Fach im Sachunterricht deutlich weniger im Vordergrund als in den anderen Schulfächern der Grundschule (Giest, 2010). Dies bedeutet auch besondere Herausforderungen für den Übergang zur Sekundarstufe I, da hier nicht nur ein Fach, sondern eine ganze Reihe von Fächern an diesem Übergang beteiligt sind. Dieser durch seine hohe Anzahl an Bezugsdisziplinen ohnehin komplexe Übergang stellt den Sachunterricht zudem auch deshalb vor eine besondere Herausforderung, weil er „von seiner Struktur und Anlage her die Schnittstelle zwischen einer eher ganzheitlichen, Fachperspektiven übergreifenden Elementarbildung und einer eher systematischen, in Fachperspektiven angelegten Sekundarbildung“ (Giest & Marquardt-Mau, 2013, S. 6) ist. Folglich kommt dem Sachunterricht gleich eine doppelte Anschlussaufgabe zu. Er muss einerseits an die Bildungsprozesse aus dem Elementarbereich anknüpfen und dabei Lerngelegenheiten schaffen, die zur Differenzierung und Erweiterung der dort gewonnenen Kompetenzen beitragen, und andererseits Kompetenzen aufbauen, die in der Sekundarstufe I differenziert und erweitert werden können, um den Übergang in die weiterführende Schule vorzubereiten (Möller, 2016a; Wodzinski, 2011). „In der Grundschule beginnt somit eine Versachlichung und Systematisierung des Lernens, die sich nach dem Übergang in die weiterführenden Schulen fortsetzt und dort zunehmend fachorientierter wird“ (Demuth & Kahlert, 2007, S. 5).

Für die Schülerinnen und Schüler bringt der Übergang vom Sachunterricht zu seinen Bezugsfächern besondere Herausforderungen mit sich, die zu den allgemein beim Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I zu bewältigenden Anforderungen hinzukommen. Zunächst müssen die Schülerinnen und Schüler nach dem Übergang auf die weiterführende Schule mit der neuen, in Fachdisziplinen getrennten Systematik der Unterrichtsfächer zurechtkommen, die nun anstelle des Sachunterrichts stehen. Zudem werden diese einzelnen Disziplinen nun von vielen verschiedenen Lehrkräften unterrichtet, die im Gegensatz zu den Sachunterrichtslehrkräften der Primarstufe fachliche Spezialisten sind. Sie haben also sowohl einen anderen fachlichen als auch einen anderen fachdidaktischen Hintergrund als ihre Kolleginnen und Kollegen aus der Grundschule. Dies hat auch Veränderungen in der Gestaltung des naturwissenschaftlichen Unterrichts und der dort vorherrschenden Lernkultur zur Folge (Möller, 2010; Möller et al., 2013; Pollmeier et al., 2014).

Da nicht nur der Grundschulerfolg insgesamt, sondern auch der Erfolg im Fach Sachunterricht eine wesentliche Determinante für den Lernerfolg in der Sekundarstufe I darstellt (Giest & Marquardt-Mau, 2013), sollen Schülerinnen und Schüler zusätzlich zu den allgemeinen Herausforderungen, die der Übergang mit sich bringt, auch die spezifischen Anforderungen für das Fach Sachunterricht erfolgreich bewältigen. Die Rahmenbedingungen für einen erfolgreichen Übergang in den Naturwissenschaften sind insofern günstig, als dass zumindest in einem an einigen Schulen in den Jahrgangsstufen 5 und 6 stattfindenden integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht häufig ähnliche Themen wie im Sachunterricht angesprochen werden, sodass für diese Form des naturwissenschaftlichen Unterrichts kein allzu abrupter Bruch zu entstehen scheint (Möller, 2014). Dennoch wird der Übergang vom Sachunterricht zu den verschiedenen Fachdisziplinen einschneidender wahrgenommen als in anderen Fächern wie beispielsweise im Fach Deutsch (Mückel, 2018).

Um dem entgegenzuwirken und den Schülerinnen und Schülern einen bruchlosen Übergang in den Naturwissenschaften zu ermöglichen, müssen die beteiligten Schulformen und insbesondere die Lehrkräfte der verschiedenen Fächer diesen Übergang gezielt begleiten. Ziel sollte es dabei sein, für den Start in den Fachunterricht „eine Brücke zu bauen zwischen Lebensbezug und Sachbezug“ (Hacker, 1997, S. 60). Dabei sollte individuell für jedes Kind ein optimaler Anschluss an bereits vorhandenes Wissen und an Kompetenzen aus den vorherigen Bildungsstufen stattfinden, um Brüche zu vermeiden (Kohnen & Racherbäumer, 2013). Um dies zu erreichen, müssen sowohl die Sachunterrichtslehrkräfte als auch die Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I ihren Beitrag leisten. So müssen im Sachunterricht tragfähige Grundlagen für weiterführendes Lernen geschaffen werden (Demuth & Kahlert, 2007; Hempel, 2010; MSW NRW, 2008). Hier werden naturwissenschaftliche Kompetenzen angestrebt, die eine Grundlage für ein erfolgreiches Lernen in den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I bilden und einen Ausblick auf diese Fächer geben (Giest & Pech, 2010; Hempel, 2010; Prenzel et al., 2003). Sachunterrichtslehrkräfte können dazu beitragen, indem sie zum Beispiel die Lerninhalte fachspezifisch fundieren, einordnen und dies für die Kinder auch verbalisieren, Aufgaben und Lernmethoden zur Förderung selbstbestimmten Lernens einsetzen, dabei auch Beispielaufgaben und -materialien aus der weiterführenden Schule einsetzen und sich um eine Förderung des Selbstbewusstseins und

Interesses aller Kinder bemühen (Graalmann, 2018; Hempel, 2013). Trotz all dieser Forderungen nach vorbereitenden Maßnahmen auf die Fächer der Sekundarstufe I soll dem Sachunterricht jedoch ausdrücklich keine Zubringerfunktion zugeschrieben werden, in welcher das einzige Ziel des Sachunterrichts die Vorbereitung auf die Fächer der weiterführenden Schule darstellt (Giest, 2010; Hempel, 2013). Vielmehr muss auch der Unterricht der verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I seinen Beitrag zu einem gelungenen Übergang leisten. Dieser soll auf dem Sachunterricht der Grundschule aufbauen (MSW NRW, 2013). Um dies leisten zu können, müssen die Lehrkräfte der Sekundarstufe I zunächst einen Einblick in den naturwissenschaftlichen Sachunterricht erhalten (Möller, 2010). So können sie zum Beispiel gezielt auf fachliche Inhalte verweisen, die aus der Grundschule bekannt sein sollten und die nun vorausgesetzt werden, oder sie können in der Grundschule angewendete Methoden in ihrem Unterricht berücksichtigen (Graalmann, 2018). Eine Herausforderung für die Lehrkräfte der Sekundarstufe I besteht dabei in der Bestimmung der für die jeweilige Klasse gültigen Ausgangsbasis, da sich kein einheitliches Bild dazu zeigt, was Kinder aus dem Sachunterricht bereits mitbringen und was nicht (Hempel, 2010; Pfeifer, 2012). Eine wichtige Voraussetzung für die Lehrkräfte der verschiedenen Schulen zum Schaffen von günstigen Voraussetzungen für einen gelungenen Übergang ist folglich der Austausch der Schulen untereinander (Demuth & Kahlert, 2007; Graalmann, 2018). Dieser ist nicht nur allgemein wichtig für die Übergangsgestaltung, sondern kann auch bei der Bewältigung der fachspezifischen Anforderungen zum Beispiel beim Übergang vom Sachunterricht zum naturwissenschaftlichen Fachunterricht behilflich sein, wenn beispielsweise ein Austausch über die curricularen Vorgaben der jeweils anderen Schulform in den entsprechenden Fächern stattfindet und dabei eine Abstimmung von Inhalten und zu erwerbenden Kompetenzen erfolgt (Demuth & Kahlert, 2007; Möller, 2010). Dabei sollten Sachunterrichtslehrkräfte einen Eindruck davon erhalten, welches Fundament der Sachunterricht schaffen sollte, und Sekundarstufenlehrkräfte sollten das didaktische Konzept des Sachunterrichts kennenlernen und so einen Einblick in die zu erwartenden Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler erhalten (Hempel, 2013).

Dieser erforderliche Austausch zwischen den Lehrkräften der verschiedenen Schulstufen findet in der Praxis jedoch selten statt. Meist haben die Lehrkräfte der Sekundarstufe I nur wenig Einblick in die Arbeit der Grundschulen und nutzen die bestehenden Anschlussmöglichkeiten deshalb kaum (Möller, 2016a; Wodzinski, 2011). Bei Sachunterrichtslehrkräften herrscht hingegen Unsicherheit über die für die Sekundarstufe I anzustrebenden Kompetenzen, woraus Schwierigkeiten bei der kompetenten Bearbeitung der Themen im Unterricht resultieren (Möller, 2016a; Wodzinski, 2011). Auch in der Lehramtsausbildung ist diese Unsicherheit bezüglich der jeweils anderen Schulstufe erkennbar. So wird im Bereich der Lehramtsausbildung für die Sekundarstufe I bereits zu wenig Bezug auf im Sachunterricht geschaffene Lernvoraussetzungen genommen (Giest & Marquardt-Mau, 2013). Die Lehrangebote beider Schulstufen sind überwiegend stufenspezifisch ausgerichtet, sodass bereits in der Lehramtsausbildung wenig Möglichkeiten bestehen, sich auszutauschen und sich über die jeweils andere Schulstufe zu informieren (Möller, 2016a). Aus dieser sehr unterschiedlich angelegten Lehramtsausbildung ergibt sich auch eine weitere Hürde für eine gelungene Kooperation zwischen den Lehrkräften beider Schulstufen. Sachunterrichtslehrkräfte haben im Gegensatz zu den Fachlehrkräften der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I in der Regel kein

naturwissenschaftliches Fach studiert und haben damit eine erhebliche Distanz zu naturwissenschaftlichen Themenbereichen des Sachunterrichts (Möller, 2010; Rieck & Fischer, 2010). „Eine Diskussion beider Lehrergruppen über fachliche Inhalte auf gleicher Augenhöhe ist daher schwierig und findet kaum statt“ (Demuth & Kahlert, 2007). Auch die Lehrpläne der verschiedenen Fächer bieten nicht immer eine gute Grundlage für die Gestaltung aufeinander aufbauender Lernprozesse über die Grenzen der Fächer und Jahrgangsstufen hinweg. Häufig sind die Lehrpläne der verschiedenen Schulstufen und Fächer nicht aufeinander abgestimmt und zudem sehr allgemein gefasst (Möller, 2014, 2016a). In den Lehrplänen der Sekundarstufe I wird bereits in der Grundschule Erarbeitetes oft erneut auf nahezu gleichem Niveau aufgegriffen, während in anderen Bereichen im Sachunterricht kaum eine Vorbereitung auf die in der Sekundarstufe I vorausgesetzten Kompetenzen stattfindet (Möller, 2014). Zudem bietet der Sachunterricht aufgrund seiner Fülle an weiteren Bezugsdisziplinen nur einen begrenzten Spielraum für naturwissenschaftliche Themen (Wodzinski, 2011). So sind beispielsweise pro Schuljahr mehr als zwei gründlich bearbeitete Themen aus den Bereichen Physik und Chemie nicht als realistisch anzusehen (Wodzinski, 2011).

Die bisher beschriebenen Herausforderungen beziehen sich auf den Übergang zwischen dem naturwissenschaftlichen Sachunterricht und seinen verschiedenen Bezugsdisziplinen im Allgemeinen. Diese an den Sachunterricht anknüpfenden Fachdisziplinen unterscheiden sich jedoch je nach Bundesland und Schulform.

> „Während in der Grundschule ein in den Sachunterricht integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht – in allen 16 Bundesländern – etabliert ist, sind im Sekundarbereich je nach Bundesland, Fach und Schulform unterschiedliche Formen naturwissenschaftlichen Unterrichts vorhanden: Vom Fachunterricht in den einzelnen Disziplinen bis hin zu einem integrierten naturwissenschaftlichen Fach“ (Möller, 2014, S. 34).

Insgesamt gestaltet sich der Übergang vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zu den daran anknüpfenden naturwissenschaftlichen Fachdisziplinen der Sekundarstufe I also in den verschiedenen Bundesländern unterschiedlich. Allen gemein ist jedoch, dass ein Wechsel zwischen verschiedenen Fächern stattfindet, wobei nicht unbedingt alle Fachdisziplinen unmittelbar zu Beginn der Sekundarstufe I unterrichtet werden und so teilweise größere Übergangsphasen zwischen dem Sachunterricht und einzelnen dieser naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen bestehen. Als Beispiel kann das Land Nordrhein-Westfalen betrachtet werden, in welchem der Übergang zur weiterführenden Schule wie in den meisten anderen Bundesländern nach der vierten Jahrgangsstufe stattfindet (KMK, 2015). Dort existieren in der Sekundarstufe I unterschiedliche Formen naturwissenschaftlichen Unterrichts je nach Schulform und Jahrgangsstufe. An Gesamtschulen kann beispielsweise optional entweder in den ersten Jahren ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht erteilt werden, der erst zu einem späteren Zeitpunkt in einen nach einzelnen Disziplinen getrennten Fachunterricht übergeht, oder es wird von Beginn der Jahrgangsstufe 5 an differenziert nach den Fächern Biologie, Physik und Chemie. In beiden Fällen beginnt der Fachunterricht im Fach Chemie jedoch frühestens in der Jahrgangsstufe 7 (MSW NRW, 2013). In den Jahrgangsstufen 5 und 6 werden chemiebezogene Unterrichtsinhalte folglich entweder in den integrierten naturwissen-

schaftlichen Unterricht eingebettet oder sie kommen gar nicht vor, da zunächst die Fächer Biologie und Physik unterrichtet werden. Der Übergang vom Sachunterricht zum Chemieunterricht wird dadurch also im Vergleich zu den Übergängen zu den Fächern Biologie und Physik zu einer besonderen Herausforderung, da er nicht mit dem Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule an der Schwelle zwischen den Jahrgangsstufen 4 und 5 stattfindet. Stattdessen umfasst er die gesamte Zeitspanne vom Ende der Jahrgangstufe 4 bis mindestens zum Beginn der Jahrgangstufe 7 und wird damit zu einer Übergangsphase von zwei Jahren oder mehr, die je nach Form des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Jahrgangsstufen 5 und 6 unterschiedlich gestaltet wird.

Zusammenfassend ergeben sich zum einen aus Rahmenbedingungen wie zum Beispiel der unterschiedlichen Ausbildung der verschiedenen Lehrkräfte, einem daraus resultierenden mangelnden Austausch zwischen diesen oder häufig nicht aufeinander abgestimmten Lehrplänen und zum anderen aus einer teilweise mehrere Jahre andauernden Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und einzelnen naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen besondere Herausforderungen für eine bruchlose Gestaltung dieses Übergangs. Insbesondere für solche Fächer, die erst nach einer längeren Übergangsphase an den Sachunterricht anknüpfen, wie das Fach Chemie in Nordrhein-Westfalen, ist eine aufeinander aufbauende Kompetenzentwicklung im Sinne des kumulativen Lernens keine Selbstverständlichkeit. Wie ein solcher kumulativer Lernprozess im Optimalfall aussehen sollte, wird im Folgenden dargestellt und exemplarisch auf das Beispiel der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht in Nordrhein-Westfalen bezogen.

### 2.2.3 Kumulatives Lernen und Kompetenzentwicklung in der Übergangsphase

Wenn von kumulativem Lernen die Rede ist, so geht es im Wesentlichen darum, dass neues Wissen und neue Ideen mit dem bereits bestehenden Wissen und den bisherigen Erfahrungen in Verbindung gebracht und dadurch effizient in das vorhandene Wissensnetz integriert werden (Adamina et al., 2015; Fischer et al., 2007; Lee, 2012; Rother & Walpuski, 2018). Im Gegensatz zum additiven Lernen ist das kumulative Lernen folglich dadurch gekennzeichnet, dass die Steigerung der Kompetenzen schrittweise erfolgt (Kattmann, 2003). Kleinere zusammenhängende Strukturen werden dabei zunehmend angereichert, um sie in neue Strukturen einordnen zu können (Wodzinski, 2011). Um auf diese Weise Wissensstrukturen aufzubauen, müssen die Inhalte einerseits fachlich sinnvoll und andererseits für die Lernenden schlüssig kognitiv verarbeitet werden (Fischer et al., 2007).

Eine Voraussetzung, um solche kumulativen Lernprozesse im Unterricht erreichen zu können, ist die sogenannte vertikale Vernetzung (Fischer et al., 2007). Im Gegensatz zur horizontalen Vernetzung, bei der Inhalte verschiedener Domänen wie zum Beispiel der verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer zeitlich meist parallel miteinander vernetzt werden, geht es bei der vertikalen Vernetzung um die zeitlich aufeinander folgende Vernetzung von Inhalten innerhalb einer Domäne wie zum Beispiel eines einzelnen Unterrichtsfaches (Adamina et al., 2015; Fischer et al., 2007; Neumann et al., 2008). Dabei sind das „Aufgreifen der Wissensbasis und das nach vorne gerichtete ‚Anwenden' bekannten Wissens […] relevante Strategien für vertikale Vernetzung" (Fischer et al., 2007), um dadurch kumulative Lernprozesse zu ermöglichen.

In den naturwissenschaftlichen Fächern sind kumulative Lernprozesse dadurch charakterisiert, dass in der frühen Auseinandersetzung naturwissenschaftliche Phänomene zunächst genau beobachtet werden und sich darüber ausgetauscht wird. Erst später wird das Gelernte nutzbar gemacht und schließlich weiter ausgebaut (Demuth & Kahlert, 2007). Im Chemieunterricht soll der kontinuierliche Aufbau fachlicher Kompetenzen im Sinne kumulativen Lernens durch die Basiskonzepte unterstützt werden, welche über die Jahrgangsstufen hinweg in verschiedenen Zusammenhängen wieder und wieder aufgegriffen und weiter ausdifferenziert werden (MSW NRW, 2013). Für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I existiert hierzu bereits eine Strukturierungs-Map, welche die hierarchischen Zusammenhänge fachlich bedeutsamer Ideen des Chemieunterrichts darstellt (Rother & Walpuski, 2020; Celik, im Druck). Im Sachunterricht sollen bereits Kompetenzen bereitgestellt werden, auf welche der nachfolgende naturwissenschaftliche Fachunterricht und folglich auch der Chemieunterricht aufbauen kann (Wodzinski, 2011). Um insgesamt eine kumulative Kompetenzentwicklung bezogen auf das Fach Chemie zu erreichen, müssen die Inhalte also nicht nur innerhalb des Unterrichtsfaches in der Sekundarstufe I vertikal miteinander vernetzt werden, sondern die verschiedenen „Erklärungsebenen müssen auch über die Jahrgangsstufen hinweg vernetzt werden – idealerweise von der Grundschule über die 5./6. Jahrgangsstufe bis hin zum Chemieunterricht in der Mittelstufe“ (Pfeifer, 2012, S. 85). Eine solche Förderung anschlussfähiger Bildungsprozesse über den Stufenübergang hinweg stellt ein allgemeines bildungspolitisches und pädagogisches Ziel dar. Dabei ist das kumulative Lernen besonders wichtig für anspruchsvolle Basiskonzepte oder Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen, die nur angemessen erarbeitet werden können, wenn sie wiederholt aufgegriffen, vertieft und erweitert werden (Möller, 2016a).

Damit kumulatives Lernen gelingen kann, spielen auch die curricularen Vorgaben der beteiligten Unterrichtsfächer eine entscheidende Rolle. Auch in diesen müssen die aufeinander aufbauenden Ideen eindeutig definiert sein, damit die Entwicklung der Kompetenzen über einen längeren Zeitraum angemessen unterstützt werden kann (Shin et al., 2017). Da es für die Fächer Sachunterricht und Chemie jedoch keine stufenübergreifenden Curricula gibt und die Ziele, Kompetenzen und Inhalte untereinander häufig nicht abgestimmt sind, werden Inhalte in der Sekundarstufe I oft auf dem gleichen Niveau wiederholt, auf dem sie in der Grundschule bereits bearbeitet wurden (Möller, 2010, 2016b). Um einen Einblick in die curricularen Vorgaben der hier fokussierten Fächer Sachunterricht und Chemie zu erhalten, werden diese im Folgenden sowohl allgemein für Deutschland als auch für das Land Nordrhein-Westfalen in ihrer Struktur dargestellt.

### 2.2.4 Kompetenzen im Fach Sachunterricht

Um die Kompetenzstruktur im Sachunterricht darstellen zu können, muss zunächst die Systematik des Faches Sachunterricht als solche beschrieben werden. Wie bereits aus den vorherigen Kapiteln hervorgeht, beinhaltet der Sachunterricht nicht ausschließlich die bisher fokussierten naturwissenschaftlichen Kompetenzen. Vielmehr orientieren sich die Unterrichtsinhalte und Verfahren des Sachunterrichts an vielen verschiedenen Bezugsdisziplinen und berücksichtigen diese alle in elementarer Form (MSB NRW, 2021; MSW NRW, 2008). So wird es als besondere Aufgabe des Sachunterrichts gesehen „Schülerinnen und Schüler darin zu unterstützen, ihre natürliche, kulturelle, soziale und

technische Umwelt sachbezogen zu verstehen, sie sich auf dieser Grundlage bildungswirksam zu erschließen und sich darin zu orientieren, mitzuwirken und zu handeln" (GDSU, 2013, S. 9). Daran wird deutlich, dass der Sachunterricht neben naturwissenschaftlich-technischen auch gesellschaftswissenschaftliche Perspektiven als Bezugsdisziplinen beinhaltet. Dabei sollen die im Sachunterricht behandelten Gegenstände nicht jeweils einer einzelnen Perspektive zugeordnet werden, sondern unter verschiedenen Perspektiven bearbeitet werden, wobei Schwerpunktsetzungen möglich sind (Thomas, 2014). Dieser Gedanke der Vielperspektivität sowie die Kompetenzorientierung machen das Schulfach Sachunterricht gegenwärtig aus (GDSU, 2013; Thomas, 2014).

Um die im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen aufzuzeigen, können verschiedene mehr oder weniger verbindliche curriculare Vorgaben herangezogen werden. Offizielle und damit verbindliche bundesweite Bildungsstandards gibt es für das Fach Sachunterricht nicht. Jedoch hat sich der von der GDSU zunächst 2002 in einer ersten Version und dann 2013 in einer überarbeiteten und erweiterten Version herausgegebene Perspektivrahmen Sachunterricht bundesweit als eine Art Kerncurriculum für die Erstellung der einzelnen verbindlichen Lehrpläne der Bundesländer etabliert, die dadurch erkennbar homogener wurden (Blaseio, 2014). Aus diesem Grund werden zunächst der Perspektivrahmen Sachunterricht und im Anschluss exemplarisch der Lehrplan Sachunterricht für das Land Nordrhein-Westfalen betrachtet.
Der von der GDSU (2013) herausgegebene Perspektivrahmen Sachunterricht ist ein Dokument, welches der kompetenzorientierten Planung, Durchführung und Evaluation von Sachunterricht dienen soll. Wenn hier von Kompetenzen und kompetentem Handeln die Rede ist, dann werden darunter einerseits anwendungsfähiges Wissen über Inhaltsbereiche als eher deklarative Komponente und andererseits Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen als eher prozedurale Komponente verstanden (GDSU, 2013). Der Perspektivrahmen wird durch das in Abbildung 2 dargestellte Kompetenzmodell strukturiert, welches sowohl dem dargelegten Verständnis von Kompetenzen als auch den Besonderheiten des Sachunterrichts als vielperspektivisches Fach Rechnung trägt (GDSU, 2013).

<table>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">Dimension: Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen</td><td colspan="6">Perspektivübergreifende Denk-, Arbeits-, und Handlungsweisen im Sachunterricht</td><td colspan="2" rowspan="3"></td></tr>
<tr><td>erkennen / verstehen</td><td>eigenständig arbeiten</td><td>evaluieren / reflektieren</td><td>Kommunizieren / zusammenarbeiten</td><td>den Sachen interessiert begegnen</td><td>umsetzen / handeln</td></tr>
<tr><td>z. B. ordnen, vergleichen</td><td>z. B. Information erschließen</td><td>z. B. bewerten, einschätzen</td><td>z. B. austauschen, argumentieren</td><td>z. B. forschende Haltung zeigen</td><td>z. B. gestalten, Projekte realisieren</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Perspektivbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen</td><td>z. B. verhandeln, urteilen, partizipieren</td><td colspan="6">Sozialwissenschaftliche Perspektive<br>Politik – Wirtschaft – Soziales</td><td>z. B. Demokratie</td><td rowspan="5">Perspektivbezogene Konzepte/ Themenbereiche</td></tr>
<tr><td>z. B. untersuchen, experimentieren</td><td colspan="6">Naturwissenschaftliche Perspektive<br>Belebte und unbelebte Natur</td><td>z. B. Leben, Kraft</td></tr>
<tr><td>z. B. erkunden und sich in Räumen orientieren</td><td colspan="6">Geographische Perspektive<br>Räume – Naturgrundlagen – Lebenssituationen</td><td>z. B. Raumnutzung</td></tr>
<tr><td>z. B. sich in Zeiten orientieren, rekonstruieren</td><td colspan="6">Historische Perspektive<br>Zeit – Wandel</td><td>z. B. Wandel</td></tr>
<tr><td>z. B. konstruieren, herstellen, Technik nutzen</td><td colspan="6">Technische Perspektive<br>Technik – Arbeit</td><td>z. B. Stabilität</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td>z. B. Mobilität</td><td colspan="2">z. B. Gesundheit</td><td colspan="2">z. B. Nachhaltige Entwicklung</td><td>z. B. Medien</td><td colspan="2" rowspan="2">Dimension: Konzepte/ Themenbereiche</td></tr>
<tr><td colspan="6">Perspektivenvernetzende Themenbereiche und Fragestellungen</td></tr>
</table>

*Abbildung 2: Das Kompetenzmodell des Perspektivrahmens Sachunterricht (GDSU, 2013, S. 13)*

In diesem Modell sind laut GDSU (2013) zwei Dimensionen erkennbar: die inhaltlich zu denkenden Themenbereiche (TB) und die prozedural zu denkenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (DAH). Diese Dimensionen ergeben sich aus dem Verständnis von Kompetenz, welches dem Perspektivrahmen Sachunterricht zugrunde liegt. Beide Dimensionen werden sowohl perspektivenbezogen als auch perspektivenübergreifend ausgearbeitet. Diese Unterscheidung resultiert aus der vielperspektivischen Anlage des Faches Sachunterricht. Die perspektivenübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen stellen grundlegende Zielhorizonte des Sachunterrichts dar. Sie sind zwar nicht gänzlich überschneidungsfrei, tragen aber dennoch unterschiedliche Schwerpunkte und sind deshalb getrennt voneinander aufgeführt. Die fünf Perspektiven des Sachunterrichts mit jeweils eigenen Themenbereichen sowie eigenen Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen sollen die Anschlussfähigkeit an die Sachfächer weiterführender Schulen sichern. Sie „sind hinreichend trennscharf, um Kompetenzen und Kompetenzfortschritte mit Bezug auf die in Fachkulturen entwickelten, bereitgestellten und gepflegten Inhalte und Methoden zu benennen“ (GDSU, 2013, S. 14). Bei den perspektivenvernetzenden Themenbereichen hingegen handelt es sich um Themenbereiche, die mehrere Perspektiven ineinander vereinen und dabei Zusammenhänge zwischen den Perspektiven deutlich machen (GDSU, 2013).

Für die einzelnen Themenbereiche und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen (sowohl perspektivenbezogen als auch perspektivenübergreifend) werden im Perspektivrahmen Sachunterricht konkrete Kompetenzen formuliert, die im Laufe der Grundschulzeit erreicht werden sollen. Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Themenbereiche und die Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen der für die chemiebezogenen Kompetenzen nicht ausschließlich, aber überwiegend relevanten naturwissenschaftlichen Perspektive.

*Tabelle 2: Perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und Themenbereiche der naturwissenschaftlichen Perspektive (GDSU, 2013, S. 39)*

| Naturwissenschaftliche Perspektive | |
|---|---|
| Perspektivenbezogene Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen: | |
| DAH NAWI 1: | Naturphänomene sachorientiert (objektiv) untersuchen und verstehen |
| DAH NAWI 2: | Naturwissenschaftliche Methoden aneignen und anwenden |
| DAH NAWI 3: | Naturphänomene auf Regelhaftigkeiten zurückführen |
| DAH NAWI 4: | Konsequenzen aus naturwissenschaftlichen Erkenntnissen für das Alltagshandeln ableiten |
| DAH NAWI 5: | Naturwissenschaftliches Lernen bewerten und reflektieren |
| Perspektivenbezogene Themenbereiche: | |
| TB NAWI 1: | Nicht lebende Natur – Eigenschaften von Stoffen/Körpern |
| TB NAWI 2: | Nicht lebende Natur – Stoffumwandlungen |
| TB NAWI 3: | Nicht lebende Natur – physikalische Vorgänge |
| TB NAWI 4: | Lebende Natur – Pflanzen, Tiere und ihre Unterteilungen |
| TB NAWI 5: | Lebende Natur – Entwicklungs- und Lebensbedingungen von Lebewesen |

Ein Beispiel für eine Kompetenzformulierung, die einen Bezug zum Unterrichtsfach Chemie aufweist, ist die folgende aus der Denk-, Arbeits- und Handlungsweise 1 stammende Formulierung, die vor allem prozedural zu verstehen ist: „Die Schülerinnen und Schüler können einfache Versuche zur Überprüfung von Vermutungen bzw. zur Widerlegung von

Vermutungen beraten, planen und durchführen“ (GDSU, 2013, S. 40). Ebenfalls wichtig für das Fach Chemie ist die folgende eher inhaltlich zu verstehende Kompetenzformulierung aus dem Themenbereich 1: „Schülerinnen und Schüler können chemische Eigenschaften von Stoffen geeignet nachweisen und untersuchen (z. B. Brennbarkeit, Rosten)“ (GDSU, 2013, S. 43). Durch diese und auch weitere Kompetenzformulierungen wird deutlich, dass bereits im Sachunterricht der Grundschule Kompetenzen erwartet werden, die sich konkret auf das Unterrichtsfach Chemie beziehen.

Neben dem zwar nicht verbindlich gültigen, aber dennoch deutschlandweit immer wieder berücksichtigten Perspektivrahmen Sachunterricht existieren für die einzelnen Bundesländer jeweils verbindliche Lehrpläne für das Fach Sachunterricht. An dieser Stelle wird exemplarisch der Lehrplan Sachunterricht für das Land Nordrhein-Westfalen dargestellt. Der zu Projektbeginn noch aktuelle Lehrplan wurde 2008 vom Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (MSW NRW) herausgegeben (MSW NRW, 2008). Folglich wurde dieser noch nicht auf Grundlage der aktuellen Version des Perspektivrahmens Sachunterricht entwickelt. Dennoch existieren teilweise Parallelen in den Kompetenzstrukturen beider Dokumente.

Ähnlich wie die fünf Perspektiven im Perspektivrahmen Sachunterricht werden im Lehrplan Sachunterricht fünf verschiedene Bereiche genannt:

- *Natur und Leben*
- *Technik und Arbeitswelt*
- *Raum, Umwelt und Mobilität*
- *Mensch und Gemeinschaft*
- *Zeit und Kultur* (MSW NRW, 2008).

Diese Bereiche sind jedoch nicht deckungsgleich mit den Perspektiven im Perspektivrahmen Sachunterricht, sie ähneln sich lediglich hinsichtlich ihrer inhaltlichen Schwerpunkte. Zudem gibt es im Lehrplan Sachunterricht anders als im Perspektivrahmen Sachunterricht keine Unterscheidung zwischen Themenbereichen und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen und auch keine perspektivenbezogenen und perspektivenübergreifenden Kompetenzformulierungen. Stattdessen werden jedem der fünf Bereiche mehrere Schwerpunkte zugeordnet, die wiederum durch Kompetenzerwartungen konkretisiert werden. Diese Kompetenzerwartungen konzentrieren sich auf zentrale fachliche Zielsetzungen des Sachunterrichts. Es wird dabei unterschieden zwischen Kompetenzen, die bis zum Ende der Schuleingangsphase – also dem Ende der Jahrgangsstufe 2 – erreicht werden sollen, und Kompetenzen, die bis zum Ende der Jahrgangsstufe 4 erreicht werden sollen (MSW NRW, 2008).

Um einen Eindruck von den Kompetenzformulierungen im Lehrplan Sachunterricht zu erhalten, werden auch hier zwei Kompetenzformulierungen vorgestellt, die für das Unterrichtsfach Chemie relevant sind. Dazu werden Kompetenzformulierungen aus dem Bereich *Natur und Leben* herangezogen, welcher sich in die folgenden Schwerpunkte untergliedern lässt:

- *Stoffe und ihre Umwandlung*
- *Wärme, Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall*
- *Magnetismus und Elektrizität*
- *Körper, Sinne, Ernährung und Gesundheit*
- *Tiere, Pflanzen, Lebensräume* (MSW NRW, 2008).

Exemplarisch werden hier zwei Kompetenzformulierungen aus dem Schwerpunkt *Wärme, Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall* betrachtet. Die folgende Kompetenz wird von den Schülerinnen und Schülern bis zum Ende der Schuleingangsphase erwartet: „Die Schülerinnen und Schüler entdecken Eigenschaften z. B. von Wasser und Luft, Wärme und Kälte, Licht und Schatten in Experimenten“ (MSW NRW, 2008, S. 12). Daran anknüpfend wird dann bis zum Ende der Jahrgangsstufe 4 Folgendes erwartet: „Die Schülerinnen und Schüler planen und führen Versuche durch und werten Ergebnisse aus (z. B. Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall)“ (MSW NRW, 2008, S. 12). Wie schon im Perspektivrahmen Sachunterricht gibt es auch im Lehrplan Sachunterricht weitere Kompetenzformulierungen, die sich (unter anderem) auf das Fach Chemie beziehen lassen. Diese stammen oft, aber nicht ausschließlich aus dem Bereich *Natur und Leben* (MSW NRW, 2008).

Seit 2021 existiert in Nordrhein-Westfalen ein neuer Lehrplan Sachunterricht, der sich stärker an den Perspektiven des Perspektivrahmens Sachunterricht sowie den dort genannten perspektivenbezogenen und perspektivenübergreifenden Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen orientiert und diese um eine informatorische Grundbildung ergänzt (MSB NRW, 2021). Zur Systematisierung der erwarteten Kompetenzen werden diese den folgenden sechs Bereichen zugeordnet:

- *Demokratie und Gesellschaft*
- *Körper und Gesundheit*
- *Natur und Umwelt*
- *Raum und Mobilität*
- *Technik, digitale Technologien und Arbeit*
- *Zeit und Wandel* (MSB NRW, 2021)

Wie schon im Lehrplan von 2008 werden auch hier die Bereiche in verschiedene inhaltliche Schwerpunkte unterteilt, zu denen dann konkretisierte Kompetenzerwartungen vorliegen. Dabei wird auch hier zwischen Kompetenzen, die bis zum Ende der Schuleingangsphase erworben werden, und Kompetenzen, die bis zum Ende der Jahrgangsstufe 4 erworben werden, unterschieden (MSB NRW, 2021).

Im Folgenden werden exemplarisch zwei Kompetenzformulierungen angeführt, die für das Unterrichtsfach Chemie relevant sind. Diese stammen in diesem Fall aus dem Bereich *Natur und Umwelt*, welcher die folgenden drei Schwerpunkte umfasst:

- *Tiere, Pflanzen, Lebensräume*
- *Stoffe, ihre Umwandlung und Stoffkreisläufe*
- *Energie und Ressourcen* (MSB NRW, 2021)

Die beiden Beispiele für Kompetenzformulierungen, die für das Unterrichtsfach Chemie relevant sind, sind dem Schwerpunkt *Stoffe, ihre Umwandlung und Stoffkreisläufe* zugeordnet. Hier wird beispielsweise bis zum Ende der Schuleingangsphase Folgendes erwartet: „Die Schülerinnen und Schüler untersuchen in Versuchen chemische und physikalische Eigenschaften von Stoffen" (MSB NRW, 2021, S. 189). Für das Ende der Jahrgangsstufe 4 wird zum Beispiel die folgende Kompetenzerwartung formuliert: „Die Schülerinnen und Schüler leiten auf Grundlage von Beobachtungen stofflicher Umwandlung Fragestellungen für Versuche und Experimente ab und führen sie durch" (MSB NRW, 2021, S. 189). Neben den genannten Beispielen existieren weitere Kompetenzformulierungen, die für das Fach Chemie von Bedeutung sind. Diese sind häufig, aber nicht ausschließlich im Bereich *Natur und Umwelt* zu finden. Es werden insgesamt ähnliche Kompetenzen erwartet wie bereits im Lehrplan von 2008, diese werden lediglich anders systematisiert (MSB NRW, 2021; MSW NRW, 2008).

Die Beschreibung der Kompetenzstrukturen in den curricularen Vorgaben des Faches Sachunterricht hat gezeigt, dass der Sachunterricht chemiebezogene, aber auch viele andere Kompetenzerwartungen an die Schülerinnen und Schüler stellt. Daraus resultiert auch, dass sich Schülerinnen und Schüler im Laufe der meist vierjährigen Grundschulzeit nicht kontinuierlich mit chemiebezogenen Inhalten und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen auseinandersetzen, da auch die anderen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts berücksichtigt werden müssen. Dennoch sind sowohl für die Schuleingangsphase als auch für die Jahrgangsstufen 3 und 4 Kompetenzerwartungen zu finden, die relevant für das Fach Chemie sind. Daher sollte zumindest von einer wiederholten Auseinandersetzung mit chemiebezogenen Unterrichtsgegenständen im Laufe der Grundschulzeit ausgegangen werden.

### 2.2.5 Kompetenzen im Fach Chemie

Auch für das Unterrichtsfach Chemie in der Sekundarstufe I existieren curriculare Vorgaben, in denen Kompetenzerwartungen an die Schülerinnen und Schüler gestellt werden. Zunächst werden im Folgenden die für Deutschland verbindlichen Bildungsstandards für das Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss vorgestellt, welche 2004 von der KMK beschlossen wurden (KMK, 2005). Im Anschluss daran wird exemplarisch ein Kernlehrplan für das Fach Chemie für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen vorgestellt. Für die Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen existieren mehrere Kernlehrpläne, die sich jeweils auf eine der weiterführenden Schulformen beziehen. Diese Kernlehrpläne stellen alle ähnliche Kompetenzerwartungen an die Schülerinnen und Schüler, die lediglich unterschiedlich stark in die Tiefe gehen (MSB NRW, 2019; MSW NRW, 2011a, 2011b, 2013). Aus diesem Grund wird hier stellvertretend für alle weiteren Schulformen nur einer der Kernlehrpläne dargestellt. Dazu wird der Kernlehrplan für die Gesamtschule ausgewählt (MSW NRW, 2013), da die Gesamtschule alle in Nordrhein-Westfalen möglichen Bildungsabschlüsse vergibt und sie sich folglich potenziell an alle Schülerinnen und Schüler richtet.

Bei den Bildungsstandards im Fach Chemie für den mittleren Schulabschluss handelt es sich um verbindliche Regelstandards, die in den verschiedenen Bundesländern entsprechend implementiert werden müssen (KMK, 2005). Die dort festgelegten Kompetenzen, die bis zum Ende der Sekundarstufe I erreicht werden sollen, folgen einer durch die KMK

(2005) festgelegten Systematik. Darin werden insgesamt vier Kompetenzbereiche voneinander unterschieden:

- *Fachwissen*
- *Erkenntnisgewinnung*
- *Kommunikation*
- *Bewertung* (KMK, 2005)

Ähnlich der Unterteilung von Kompetenzen in Themenbereiche und Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen im Perspektivrahmen Sachunterricht (GDSU, 2013) wird auch in den Bildungsstandards für das Fach Chemie zwischen der Inhaltsdimension und der Handlungsdimension unterschieden (KMK, 2005).

Der Inhaltsdimension ist dabei der Kompetenzbereich *Fachwissen* zugeordnet, in welchem es darum geht, chemische Phänomene, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten zu kennen und diese Basiskonzepten zuzuordnen. Es werden insgesamt vier Basiskonzepte für das Fach Chemie benannt:

- *Stoff-Teilchen-Beziehungen*
- *Struktur-Eigenschafts-Beziehungen*
- *Chemische Reaktion*
- *Energetische Betrachtung bei Stoffumwandlung* (KMK, 2005)

Zur Handlungsdimension werden die anderen drei Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* gezählt. Dabei umfasst die *Erkenntnisgewinnung* experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie das Nutzen von Modellen. Im Kompetenzbereich *Kommunikation* geht es darum, Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen zu können. Der Kompetenzbereich *Bewertung* umfasst das Erkennen und Bewerten chemischer Sachverhalte in verschiedenen Kontexten (KMK, 2005).

Auch wenn die vier Kompetenzbereiche sich einzeln beschreiben lassen, sind sie dennoch inhaltlich nicht getrennt voneinander zu betrachten, sondern stellen lediglich unterschiedliche Blickwinkel auf die Fachinhalte dar (Kauertz et al., 2010). Da inhalts- und handlungsbezogene Kompetenzen nur gemeinsam und in Kontexten erworben werden können (KMK, 2005), sollte die Unterteilung in die vier Kompetenzbereiche also nicht zu einer strikten Trennung dieser führen, sondern lediglich eine Hilfe zur Strukturierung und Systematisierung der Kompetenzen darstellen.

Die KMK (2005) formuliert nun für jeden der Kompetenzbereiche einzeln und innerhalb des Kompetenzbereiches *Fachwissen* auch für jedes Basiskonzept verbindliche Regelstandards, welche die Schülerinnen und Schüler mit Erreichen des mittleren Schulabschlusses erworben haben sollen. Ein Beispiel für einen solchen Standard aus dem Kompetenzbereich *Fachwissen* innerhalb des Basiskonzeptes Stoff-Teilchen-Beziehungen lautet wie folgt: „Die Schülerinnen und Schüler nennen und beschreiben bedeutsame Stoffe mit ihren typischen Eigenschaften“ (KMK, 2005, S. 11). Für den Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* heißt es beispielsweise „Die Schülerinnen und Schüler planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen“ (KMK, 2005, S. 12). Zusätzlich zu diesen formulierten Standards werden in den

Bildungsstandards für jeden Kompetenzbereich drei Anforderungsbereiche festgelegt, durch die verschiedene Schwierigkeitsgrade innerhalb ein und derselben Kompetenz abgebildet werden sollen (KMK, 2005).

Die auf diese Weise systematisierten und beschriebenen Standards stellen eine verbindliche Grundlage für die Gestaltung der Lehrpläne in den verschiedenen Bundesländern dar, welche dadurch alle ähnlich aufgebaut sind. So ist beispielsweise auch der Kernlehrplan für die Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I an Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen (MSW NRW, 2013) an die Bildungsstandards angelehnt. Der Abschnitt dieses Lehrplans, der sich auf das Fach Chemie bezieht, wird im Folgenden exemplarisch beschrieben.

Wie bereits in den Bildungsstandards werden auch im Kernlehrplan im Abschnitt für das Fach Chemie verschiedene Basiskonzepte unterschieden. Diese werden hier jedoch etwas anders systematisiert, woraus insgesamt eine Unterteilung in drei statt in vier Basiskonzepte resultiert:

- *Chemische Reaktion*
- *Struktur der Materie*
- *Energie* (MSW NRW, 2013)

Zudem wird im Kernlehrplan differenziert zwischen Kompetenzbereichen, Inhaltsfeldern und Kompetenzerwartungen. Während die Kompetenzbereiche auf die Grunddimensionen des fachlichen Handelns verweisen, systematisieren die Inhaltsfelder die verbindlichen Unterrichtsgegenstände. Die Kompetenzerwartungen führen schließlich beide Dimensionen zusammen und formulieren fachliche Anforderungen und beabsichtigte Lernergebnisse, die bis zum Ende der Sekundarstufe I erreicht werden sollen (MSW NRW, 2013).

Analog zu den Kompetenzbereichen in den Bildungsstandards werden auch im Kernlehrplan die vier Kompetenzbereiche

- *Umgang mit Fachwissen*
- *Erkenntnisgewinnung*
- *Kommunikation*
- *Bewertung* (MSW NRW, 2013)

unterschieden. Zunächst werden zu jedem dieser Kompetenzbereiche fachunabhängig für die Naturwissenschaften insgesamt übergeordnete Kompetenzerwartungen formuliert. Diese liegen jeweils in zwei Progressionsstufen vor, die nacheinander und aufeinander aufbauend erreicht werden sollen (MSW NRW, 2013). Ein Beispiel für eine solche übergeordnete Kompetenzformulierung ist die Kompetenz *Untersuchungen und Experimente planen* aus dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*. Hier wird für die erste Progressionsstufe formuliert: „Die Schülerinnen und Schüler können vorgegebene Versuche begründen und einfache Versuche selbst entwickeln“ (MSW NRW, 2013, S. 20). Auf der zweiten Progressionsstufe wird dann Folgendes erwartet: „Die Schülerinnen und Schüler können zu untersuchende Variablen identifizieren und diese in Experimenten systematisch verändern bzw. konstant halten“ (MSW NRW, 2013, S. 23). Diese

übergeordneten Kompetenzerwartungen werden dann in Unterkapiteln auf die verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächer und die dort festgelegten Inhaltsfelder bezogen und für diese genauer ausformuliert. Die verschiedenen Inhaltsfelder für das Fach Chemie lauten wie folgt:

- *Stoffe und Stoffeigenschaften*
- *Energieumsätze bei Stoffveränderungen*
- *Metalle und Metallgewinnung*
- *Luft und Wasser*
- *Elemente und ihre Ordnung*
- *Elektrische Energie aus chemischen Reaktionen*
- *Säuren und Basen*
- *Stoffe als Energieträger*
- *Produkte der Chemie* (MSW NRW, 2013)

Für jedes der Inhaltsfelder werden zur Eingrenzung inhaltliche Schwerpunkte benannt. Zusätzlich werden Vorschläge für mögliche Kontexte sowie durch Basiskonzepte strukturierte Angaben zu den anschlussfähigen fachlichen Konzepten gemacht. Daran anknüpfend folgen die spezifischen Kompetenzerwartungen für die entsprechenden Inhaltsfelder (MSW NRW, 2013). Im Inhaltsfeld *Stoffe und Stoffeigenschaften* wird für den Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* beispielsweise die folgende Kompetenz formuliert: „Die Schülerinnen und Schüler können einfache Versuche zur Trennung von Stoffen in Stoffgemischen planen und sachgerecht durchführen und dabei relevante Stoffeigenschaften nutzen“ (MSW NRW, 2013, S. 79). Diese bezieht sich auf die oben als Beispiel benannte übergeordnete Kompetenzformulierung und konkretisiert sie für das genannte Inhaltsfeld.

Die Darstellung der Kompetenzstruktur der Fächer Sachunterricht und Chemie hat gezeigt, dass bereits im Sachunterricht erste chemiebezogene Kompetenzen von den Schülerinnen und Schülern erwartet werden, an die im Chemieunterricht der Sekundarstufe I angeknüpft werden soll. Inwiefern die in den curricularen Vorgaben benannten Kompetenzen sinnvoll aneinander anknüpfen und ob dadurch tatsächlich kumulative Lernprozesse im Fach Chemie über die zweijährige Übergangsphase zwischen Sach- und Chemieunterricht hinweg erreicht werden können, gilt es im weiteren Verlauf der Arbeit zu überprüfen.

## 2.3 Aktueller Forschungsstand

Um das Ziel der Arbeit sinnvoll eingrenzen zu können, wird im Folgenden zunächst ein Überblick über den aktuellen Stand der Forschung zum Übergang zwischen Primarstufe und Sekundarstufe I im Hinblick auf die naturwissenschaftlichen Fächer sowie über chemiebezogenen Kompetenzen und deren Entwicklung in verschiedenen Zeiträumen gegeben.

Erste Hinweise auf die Kompetenzstände während der Übergangsphase liefern die Ergebnisse der verschiedenen Schulleistungsstudien. In der TIMS-Studie von 2019 erreichten beispielsweise 72.4 % der Viertklässlerinnen und Viertklässler in Deutschland ein mittleres bis hohes Kompetenzniveau in den Naturwissenschaften, in den Jahren 2007, 2011 und 2015 war es sogar ein etwas höherer Anteil (Steffensky et al., 2020). In

der PISA-Studie 2018 erreichten in den Naturwissenschaften jedoch lediglich 58.4 % der deutschen 15-Jährigen ein mittleres bis hohes Kompetenzniveau (OECD, 2019), welches sich aufgrund der ähnlichen Skalierung mit den Kompetenzniveaus aus TIMSS vergleichen lässt. Ähnliche Ergebnisse zeigt der IQB-Bildungstrend aus dem Jahr 2018 für das Unterrichtsfach Chemie. Hier erreichten im Kompetenzbereich *Fachwissen* 56.1 % und im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* 63.6 % der Schülerinnen und Schüler in Deutschland die Regelstandards, in Nordrhein-Westfalen waren es sogar nur 50.4 % im Kompetenzbereich *Fachwissen* und 60.0 % im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* (Weirich et al., 2019). Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Teil der Schülerinnen und Schüler die in der Grundschule erworbenen naturwissenschaftlichen und damit auch chemiebezogenen Kompetenzen nicht in dem Maße weiterentwickelt, wie es durch die curricularen Vorgaben beabsichtigt ist. Wie genau die Kompetenzstände im Fach Chemie während und unmittelbar nach der Übergangsphase aussehen, geht daraus jedoch noch nicht hervor. Deshalb soll der Fokus im Folgenden auf Studien gerichtet werden, die sich explizit mit dem Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I beschäftigen.

Der Übergang zur Sekundarstufe I und die ersten Jahre danach waren bereits Inhalt mehrerer Studien, wenn auch nicht immer bezogen auf das Unterrichtsfach Chemie und nicht ausschließlich bezogen auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Ein Beispiel für eine solche Studie ist die in Baden-Württemberg durchgeführte Längsschnittstudie *Übergang vom* ***Pri****mar- zum* ***Se****kundarbereich* (PRISE). Hierbei wurden Leistungsentwicklung, Leistungsmotivation und Fähigkeitsselbstkonzept der Schülerinnen und Schüler über die gesamte Grundschulzeit hinweg und in den ersten Jahren der Sekundarstufe I bis einschließlich zur siebten Klasse untersucht, wobei der Fokus auf den Fächern Deutsch, Mathematik und Englisch lag. Dabei stellte sich beispielsweise heraus, dass die kognitiven Leistungsfähigkeiten und die Sprachleistungsfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler einen Einfluss auf die Entwicklung ihrer Schulleistungen haben (Roos & Schöler, 2013). Dies gilt es folglich auch bei der Betrachtung chemiebezogener Kompetenzen zu berücksichtigen, denn auch diese könnten durch kognitive Leistungsfähigkeiten und Sprachleistungsfähigkeiten beeinflusst werden. Mit dem Übergang vom Sachunterricht zu seinen Bezugsdisziplinen befasste sich beispielsweise das *Graduiertenkolleg SUSe I*. Jedes der zugehörigen Teilprojekte fokussierte dort eine der Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts. Der Übergang zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht wurde dabei aufgegriffen, indem die Wirksamkeit des Einsatzes von Selbstlernmaterial mit fachspezifischem Humor zum Thema Sonnenschutz in den Jahrgangsstufen 4 und 6 überprüft wurde (Holzapfel, 2018). Ein anderes Projekt, das sich mit dem Übergang zwischen Primarstufe und Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften befasste, ist das *PLUS-Projekt*. Das von 2008 bis 2013 durchgeführte Projekt war angeschlossen an die DFG-Forschungsgruppe *Naturwissenschaftlicher Unterricht* (nwu-essen) (Pollmeier et al., 2014). Im Fokus stand dabei das Unterrichtsfach Physik. Für dieses wurden zum einen in einer Querschnittsstudie Merkmale der Lehrkräfte und des Unterrichts sowie überwiegend affektive Merkmale der Schülerinnen und Schüler der vierten und sechsten Jahrgangsstufe vergleichend untersucht und zum anderen das Interesse, die selbstbezogenen Kriterien sowie die individuelle Wahrnehmung des physikbezogenen Unterrichts vom vierten bis zum siebten Schuljahr jährlich im Längsschnitt erfasst (Möller, 2014). Dabei zeigte sich ein deutlicher Rückgang von praktischen Aktivitäten im physikbezogenen Unterricht, von individuellem und situationalem Interesse

sowie von der Wahrnehmung verständnisfördernder Unterrichtsmerkmale im Übergang. Der Verlauf dieses Rückgangs deutet auf eine bruchartige Veränderung unmittelbar nach dem Übergang in die fünfte Jahrgangsstufe und auf einen weiteren Bruch beim Übergang in die siebte Jahrgangsstufe hin (Möller, 2014; Pollmeier et al., 2014). Ähnliches lässt sich auch aus der Studie von Moormann (2015) ableiten, die sich mit der Entwicklung von Schülereinstellungen zu den Fächern Sachunterricht, Naturwissenschaften und Biologie in der Übergangsphase in Berlin beschäftigte. Dabei fand sie heraus, dass die Frustration bei Kindern im Laufe des Sachunterrichts sinkt, diese beim Übergang zum naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe I jedoch wieder deutlich ansteigt. Auch dieser Befund deutet auf einen Bruch in den naturwissenschaftlichen Fächern am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I hin. Im Gegensatz zu den beiden zuvor vorgestellten Studien, die sich überwiegend mit dem Übergang in einzelnen naturwissenschaftlichen Fächern aus Sicht der Schülerinnen und Schüler beschäftigten, existieren auch Studien, die den Fokus auf die Lehrkräfte setzen und dabei entweder deren Kompetenzen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht oder aber den Übergang zwischen der Primar- und der Sekundarstufe I aus Sicht der Lehrkräfte thematisieren. Schmidt (2015) beschäftigte sich in ihrer Arbeit beispielsweise mit dem Zusammenhang zwischen dem fachspezifischen Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften, deren Ausbildungshintergrund und deren Unterrichtserfahrung am Beispiel des Inhaltsbereiches *Verbrennung*. Es zeigte sich, dass eine naturwissenschaftliche Ausbildung ergänzt um Unterrichtserfahrung das fachdidaktische Wissen der Lehrkräfte positiv beeinflusst. Sowohl die naturwissenschaftliche Ausbildung als auch die Unterrichtserfahrungen haben außerdem jeweils einen positiven Einfluss auf das Fachwissen der Lehrkräfte (Schmidt, 2015). Um einen erfolgreichen Übergang zu den naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I gestalten zu können, scheint eine naturwissenschaftliche Ausbildung der Sachunterrichtslehrkräfte demzufolge sinnvoll zu sein. Brüggerhoff et al. (2020) setzten sich im Gegensatz dazu in ihrer Studie nicht allein mit den Lehrkräften innerhalb des Faches Sachunterricht auseinander, sondern explizit mit allen am Übergang beteiligten Lehrkräften. Hier ging es um die Identifizierung relevanter Kompetenzen von Lehrkräften zur Gestaltung des Übergangs vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum daran anschließenden naturwissenschaftlichen Fachunterricht. In einer Pilotstudie konnten hierzu bereits erste relevante Fähigkeiten, Fertigkeiten und Haltungen identifiziert werden, die aktuell weiter untersucht werden. Auch Kohnen und Racherbäumer (2013) setzten sich mit dem Übergang in den naturwissenschaftlichen Fächern insgesamt aus Sicht der Lehrkräfte in Nordrhein-Westfalen auseinander. Dabei stellte sich heraus, dass die meisten Lehrkräfte der Sekundarstufe I davon ausgehen, dass weniger als die Hälfte der Schülerinnen und Schüler in der fünften Jahrgangsstufe die naturwissenschaftlichen Kompetenzerwartungen für das Ende der Jahrgangsstufe 4 erreichen. Dennoch nutzen die meisten Lehrkräfte keine Diagnoseinstrumente zur Bestimmung der Lernausgangslage ihrer Schülerinnen und Schüler und auch keine differenzierenden Maßnahmen im Unterricht, obwohl sie beides als äußerst bedeutsam einschätzen (Kohnen & Racherbäumer, 2013). Diese Befunde geben Hinweise auf einen möglicherweise bruchhaften Übergang in den Naturwissenschaften bezogen auf die Kompetenzentwicklung.

Während die bisher vorgestellten Projekte und Studien den Fokus zwar auf den Übergang in den Naturwissenschaften, nicht aber auf die naturwissenschaftlichen oder sogar

chemiebezogenen Kompetenzen legen, existieren auch Projekte, die sich mit genau diesen Kompetenzen und deren Entwicklung auseinandersetzen, indem sie beispielsweise Vorschläge für die Vernetzung der Kompetenzen über die Grenzen der Schulstufen hinweg machen. Ein Beispiel hierfür ist das *Spiralcurriculum Magnetismus*. Dabei handelt es sich um ein von der Deutschen Telekom-Stiftung gefördertes Projekt, in welchem ein aufeinander abgestimmtes Spiralcurriculum für 4- bis 13-jährige Kinder, also für den Elementarbereich, den Primarbereich und die Jahrgänge 5 bis 7 des Sekundarbereichs, für den Themenbereich Magnetismus entwickelt wurde. Dadurch soll die kumulative Entwicklung naturwissenschaftlicher Kompetenzen stufengerecht und über die verschiedenen beteiligten Übergänge hinweg gefördert werden. Das daran anknüpfende Projekt *MINTeinander* diente dann dazu, das entstandene Curriculum durch Fortbildungen in allen drei Bildungsstufen zu implementieren (Möller, 2016b). Ähnliche Bemühungen sind auch im internationalen Raum zu finden. Zu nennen ist hier beispielsweise das englische Nuffield Projekt ***S**cience **P**rocesses **a**nd **C**oncept **E**xploration* (SPACE), in dem für zentrale naturwissenschaftliche Themen wichtige Kernideen als inhaltliche Ziele für Kinder im Alter von 5 bis 11 Jahren formuliert wurden (Nuffield Foundation & Collins Educational, 1999). Ähnlich stellt sich auch das bereits beschriebene *Project 2061 – Benchmarks vor Science Education* aus den USA dar, in dem in Form einer Strand Map Kompetenzerwartungen untereinander verknüpft und die zeitliche Entwicklung dieser Kompetenzen vom Kindergarten bis zur Jahrgangsstufe 12 beschrieben wurden (AAAS, 2001). Als weiteres Beispiel kann hier auch das ebenfalls in den USA durchgeführte *Inquiry Project* angeführt werden, in welchem Learning Progressions für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 3 bis 5 entwickelt wurden, wobei der Widerspruch zwischen dem naturwissenschaftlichen Verständnis von Kindern und von Naturwissenschaftlerinnen und Naturwissenschaftlern aufgegriffen wurde (Wiser et al., 2012).

Neben diesen eher theoretischen Herangehensweisen an die Kompetenzentwicklung in den Naturwissenschaften gibt es auch bereits Forschung dazu, wie sich chemiebezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern über bestimmte Zeiträume weiterentwickeln. So wurde beispielsweise in Schleswig-Holstein untersucht, wie sich Kompetenzen aus dem Bereich *Fachwissen* in der gymnasialen Oberstufe entwickeln. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Kompetenzen im Basiskonzept *Struktur der Materie* stetig zunehmen, die Kompetenzen im Basiskonzept *Energie* von der Jahrgangsstufe 10 zur Jahrgangsstufe 11 ansteigen und danach stagnieren und die Kompetenzen im Basiskonzept *chemische Reaktion* zunächst stagnieren und danach von der Jahrgangsstufe 11 zur Jahrgangsstufe 12 ansteigen (Bernholt et al., 2020). Zur Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen in der Sekundarstufe I existieren ebenfalls Studien. Hank (2013) untersuchte beispielsweise die Konzeptwandelprozesse im ersten Lernjahr des Chemieunterrichts beispielhaft am Thema Verbrennung, indem sie Schülervorstellungen zu drei Messzeitpunkten innerhalb des Schuljahres im Längsschnitt erhob. Sie konnte dabei positive Entwicklungen der vorhandenen Konzepte der Schülerinnen und Schüler feststellen. In einem anderen Projekt wurden die Basiskonzepte *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie* fokussiert. Zu diesen wurde orientiert an den curricularen Vorgaben des Sachunterrichts und des Chemieunterrichts in Nordrhein-Westfalen eine Learning Progression für die Jahrgangsstufen 7 bis 9 evaluiert. Für die meisten innerhalb dieser Learning Progression angenommenen Fähigkeiten konnte gezeigt werden, dass sie für den Erwerb der darauffolgenden Fähigkeiten tatsächlich wie erwartet nützlich sind (Weber, 2018). Eine umfangreichere Learning Progression über alle drei Basiskonzepte

bietet die *Landkarte des Lernens* für die ersten beiden Lernjahre des Chemieunterrichts, welche die grundlegenden Kernideen des Faches in einer sinnvollen hierarchischen Reihenfolge in Form einer Strand Map abbildet und dabei ihre Abhängigkeiten untereinander berücksichtigt (Rother & Walpuski, 2018; Celik, im Druck). Diese wurde evaluiert, indem die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in den ersten beiden Lernjahren des Chemieunterrichts im Quasi-Längsschnitt erhoben und analysiert wurden. Die Abhängigkeiten innerhalb der Strand Map konnten dabei teilweise bestätigt werden und es zeigte sich ein Lernzuwachs vom ersten zum zweiten Lernjahr im Fach Chemie (Celik, im Druck). Für die Übergangsphase zwischen dem Ende des Sachunterrichts in der Jahrgangsstufe 4 und dem Beginn des Chemieunterrichts in Jahrgangsstufe 7 oder 8 wurde bisher der Unterschied zwischen einem integrierten und einem nach Fächern differenzierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Blick genommen. So konnte Klos (2008) herausfinden, dass ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht in den Jahrgangsstufen 5 und 6 positive Auswirkungen auf den Umgang mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen sowie auf das Fachinteresse im nachfolgend beginnenden Chemieunterricht hat. Auch Höffler et al. (2014) beschreiben, dass ein integrierter naturwissenschaftlicher Unterricht positive Auswirkungen vor allem in affektiven Bereichen wie dem Interesse oder den Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften hat. Diese Befunde zu den Auswirkungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den Jahrgangsstufen 5 und 6 fokussieren bisher jedoch eher die ersten Lernjahre des Chemieunterrichts in Abhängigkeit zum zuvor erteilten Unterricht und nicht die Kompetenzen innerhalb der Jahrgangsstufen 5 und 6.

Zusammenfassend lässt sich folglich festhalten, dass es sowohl einige Studien zum Übergang zwischen der Primarstufe und der Sekundarstufe I in den Naturwissenschaften als auch Studien, die sich mit der Entwicklung von naturwissenschaftlichen oder sogar chemiebezogenen Kompetenzen befassen, gibt. Für die Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht wurden diese Kompetenzen jedoch bisher nur theoretisch erschlossen. Forschung dazu, über welche chemiebezogenen Kompetenzen die Schülerinnen und Schüler tatsächlich verfügen, setzt bisher mit Beginn des ersten Lernjahres im Fach Chemie oder später an und setzt voraus, dass die Schülerinnen und Schüler zu diesem Zeitpunkt die im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen erreicht haben. Ob dies tatsächlich der Fall ist und ob diese zum Ende der vierten Jahrgangsstufe vorhanden Kompetenzen in den darauffolgenden Jahren bis zum Beginn des Chemieunterrichts nach wie vor vorhanden sind, stand bisher nicht im Fokus der Forschung.

# 3. Ziele und Forschungsfragen

Die bisherigen Ausführungen haben gezeigt, dass dem Sachunterricht beim Übergang in die Sekundarstufe I durch seine Fülle an Bezugsdisziplinen eine besondere Rolle zukommt, da viele verschiedene Fächer an diesem Übergang beteiligt sind. Das Unterrichtsfach Chemie als eines der beteiligten Fächer hat dabei wiederum einen besonderen Stellenwert, da es oft erst nach einer Unterbrechung als einzelne Fachdisziplin einsetzt. Der Übergang zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht erfolgt also nicht unmittelbar, sondern umfasst eine längere Zeitspanne. Setzt man den Fokus auf die Kompetenzen in dieser Übergangsphase, so lässt sich zunächst feststellen, dass eine kumulative Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen über die Schulformen und Jahrgangsstufen hinweg grundsätzlich erwartet wird. Das Vorhandensein aufeinander aufbauender Kompetenzformulierungen in den curricularen Vorgaben allein garantiert jedoch weder, dass diese auch entsprechend umgesetzt werden (Bernholt et al., 2020), noch, dass die individuellen Lernwege der Schülerinnen und Schüler den konzipierten Verläufen folgen (Möller, 2016a). Inwiefern also kumulative Lernprozesse auch über die Grenzen der Schulstufen hinaus möglich sind und stattfinden, kann nicht vorhergesagt werden. Über die tatsächlich vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht ist bisher wenig bekannt.

Diese Forschungslücke soll im Rahmen der vorliegenden Arbeit geschlossen werden. Das Ziel der Arbeit ist folglich die Beschreibung chemiebezogener Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Zeitpunkten innerhalb der Übergangsphase vom Sachunterricht der Primarstufe zum Chemieunterricht der Sekundarstufe I sowie im unmittelbar nach der Übergangsphase folgenden ersten Jahr des Chemieunterrichts. Dazu werden die beiden folgenden Forschungsfragen untersucht:

FF1: Über welche der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen verfügen Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit?

FF2: Über welche der chemiebezogenen Kompetenzen aus dem Sachunterricht der Grundschule verfügen Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I immer noch oder zusätzlich?

# 4. Methodik

Im Rahmen der Arbeit wurden zum einen ein neu entwickelter Test zur Messung chemiebezogener Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern und zum anderen einige bereits bestehende Testinstrumente zur Erfassung verschiedener Kontrollvariablen eingesetzt. Im Folgenden wird zunächst die Entwicklung des neuen Tests beschrieben. Im Anschluss werden die weiteren Testinstrumente und zuletzt die für die Auswertung relevanten statistischen Verfahren vorgestellt.

## 4.1 Testentwicklung

Der Test zur Messung der chemiebezogenen Kompetenzen wurde im Rahmen der Arbeit neu entwickelt. Es existieren bereits Testinstrumente, die sich zur Erfassung chemiebezogener Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern eignen (z. B. Klos, 2008; Mannel, 2011; Celik, im Druck). Diese fokussieren jedoch häufig einen Teilbereich chemiebezogener Kompetenzen und beziehen sich eher auf Kompetenzen, die in den ersten Lernjahren des Chemieunterrichts erwartet werden. Um vor allem die im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen möglichst umfangreich zu erfassen, war deshalb eine Neuentwicklung eines dazu geeigneten Tests nötig. Der Prozess der Testentwicklung umfasste mehrere Teilschritte.

### 4.1.1 Identifizierung der zu messenden Kompetenzen

Bevor konkrete Items für einen Test zur Messung chemiebezogener Kompetenzen entwickelt werden können, muss zunächst festgelegt werden, welche Kompetenzen der Test genau messen soll. Zur Beantwortung der genannten Forschungsfragen sind hier die im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen relevant, an die im später einsetzenden Chemieunterricht angeknüpft werden soll.

Diese Kompetenzen wurden exemplarisch anhand der im Theorieteil in ihrer Struktur bereits beschriebenen Lehrpläne für die Fächer Sachunterricht und Chemie in Nordrhein-Westfalen ermittelt (MSW NRW, 2008, 2013). Um einen Überblick über die Zusammenhänge zwischen den Kompetenzformulierungen des Kernlehrplans Chemie und des Lehrplans Sachunterricht zu erhalten, wurde eine Lehrplansynopse beider Dokumente erstellt. Dabei wurden alle Kompetenzformulierungen des Kernlehrplans Chemie und diejenigen Kompetenzformulierungen des Lehrplans Sachunterricht, die als relevant für das Fach Chemie identifiziert werden konnten, verwendet. Diese wurden getrennt nach den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* (*prozessbezogene Kompetenzen*) und getrennt nach den Basiskonzepten *Chemische Reaktion*, *Struktur der Materie* und *Energie* innerhalb des Kompetenzbereichs *Fachwissen* jeweils zueinander in Beziehung gesetzt. Um dies übersichtlich darzustellen, wurde angelehnt an den Atlas of Science Literacy (AAAS, 2001) das Format der Strand Map gewählt.

In den für die vorliegende Arbeit erstellten Strand Maps werden jeweils alle Kompetenzformulierungen, die laut Lehrplan im selben Zeitraum erworben werden sollen, nebeneinander auf einer Ebene dargestellt. Unterschieden wird dabei zwischen Kompetenzen, die im Sachunterricht bis zum Ende der Schuleingangsphase, also dem Ende der zweiten Jahrgangsstufe, erworben werden sollen, Kompetenzen, die im Sachunterricht bis zum Ende der vierten Jahrgangsstufe erworben werden sollen, und Kompetenzen, die

im Chemieunterricht bis zum Ende der neunten Jahrgangsstufe erworben werden sollen. Letztere werden in die im Kernlehrplan aufgeführten zwei Progressionsstufen unterteilt, die bereits so formuliert sind, dass sie aufeinander aufbauen, und folglich auch in den Strand Maps direkt übereinander angeordnet sind. Hier werden sowohl die übergeordneten Kompetenzformulierungen als auch die für die Inhaltsfelder des Faches Chemie genauer ausformulierten Kompetenzformulierungen aufgeführt. Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Ebenen werden mithilfe von Pfeilen dargestellt. Dabei symbolisiert ein Pfeil mit einer durchgezogenen Linie einen direkten Zusammenhang zwischen zwei Kompetenzformulierungen. Diese zielen folglich beide auf dieselbe Kompetenz ab, wenn auch meist auf einem unterschiedlichen Niveau. Pfeile mit unterbrochenen Linien symbolisieren eher indirekte Zusammenhänge zwischen zwei Kompetenzformulierungen. Diese zielen folglich nicht direkt auf dieselbe Kompetenz ab, aber die weiter unten aufgeführte Kompetenz scheint für die darüberstehende Kompetenz trotzdem hilfreich zu sein. Die vollständige Synopse der beiden Lehrpläne befindet sich im digitalen Anhang. An dieser Stelle sollen exemplarisch zwei Ausschnitte aus den Strand Maps beschrieben werden, um aufzuzeigen, auf welche Art und Weise die Kompetenzen aneinander anknüpfen.

Zunächst wird ein Beispiel aus der Strand Map zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* betrachtet. Dabei wird exemplarisch eine Kompetenzformulierung für die Schuleingangsphase im Sachunterricht ausgewählt und alle daran anknüpfenden Kompetenzformulierungen aus dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht werden aufgezeigt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden nur die übergeordneten Kompetenzformulierungen aus dem Kernlehrplan Chemie gezeigt, da die auf die *prozessbezogenen Kompetenzen* abzielenden Kompetenzformulierungen im Sachunterricht entweder allgemein und nicht bezogen auf konkrete chemiespezifische Inhalte formuliert sind oder diese Inhalte lediglich als mögliche Beispiele und nicht als fest vorgegebene Inhaltsfelder angegeben sind. Es kann also anhand der Kompetenzformulierungen des Lehrplans Sachunterricht nicht darauf geschlossen werden, anhand welcher Inhalte die Kompetenz erworben wird. Folglich verbinden die Pfeile in den Strand Maps zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils die Kompetenzformulierungen aus dem Sachunterricht mit den übergeordneten Kompetenzformulierungen der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I. Der Vollständigkeit halber sind die auf die Inhaltsfelder des Faches Chemie bezogenen Kompetenzformulierungen in den vollständigen Strand Maps im digitalen Anhang dennoch enthalten.

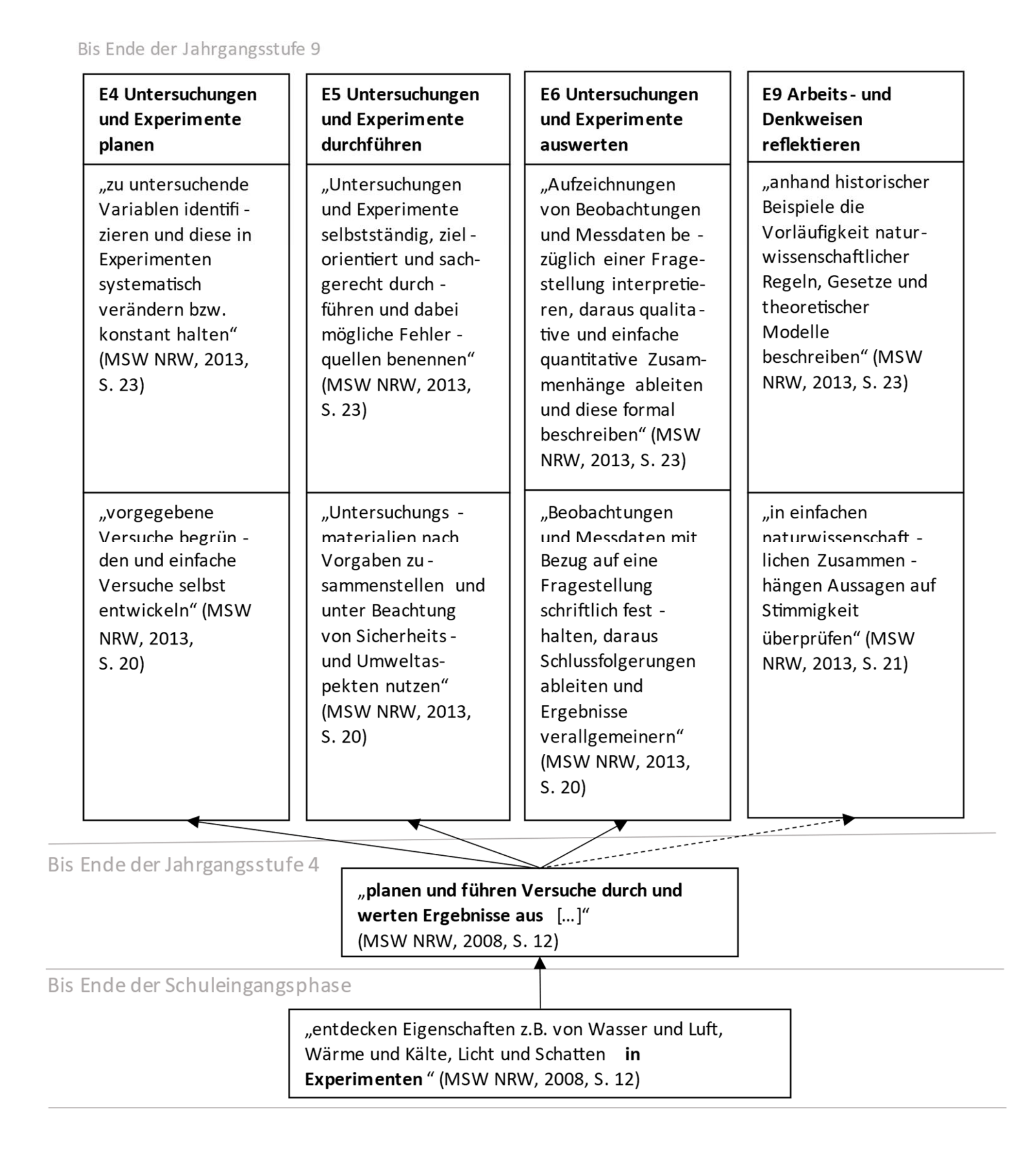



*Abbildung 3: Auszug aus der Strand Map zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung*

Der in Abbildung 3 dargestellte Auszug aus der Strand Map zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* zeigt exemplarisch, auf welche Art und Weise die *prozessbezogenen Kompetenzen* häufig aneinander anknüpfen. Während zum Ende der Schuleingangsphase beispielsweise erwartet wird, dass die Kinder Eigenschaften in Experimenten entdecken und dabei offen gelassen wird, was genau dabei experimentell erwartet wird, wird am Ende der Jahrgangsstufe 4 bereits zwischen dem Planen von Versuchen, dem Durchführen von Versuchen und dem Auswerten der Ergebnisse unterschieden (MSW NRW, 2008). Diese drei Aspekte werden im Chemieunterricht mit den übergeordneten Kompetenzen E4, E5 und E6 einzeln aufgegriffen und es wird jeweils in zwei Progressionsstufen aufgeschlüsselt, was zu welchem Zeitpunkt von den Schülerinnen und Schülern erwartet wird (MSW NRW, 2013). Eine weitere indirekte Verbindung besteht zur Kompetenzerwartung E9 (MSW NRW, 2013). Auch wenn das Reflektieren von Arbeits- und Denkweisen in der Kompetenzerwartung für den Sachunterricht nicht explizit auftaucht, kann sich dies jedoch an das Auswerten von Versuchsergebnissen anschlie-

ßen, sodass hier die Möglichkeit besteht, dass auch diese Kompetenz bereits im Sachunterricht in Ansätzen angebahnt wird. An diesem Beispiel aus der Strand Map lässt sich exemplarisch zeigen, dass die Kompetenzformulierungen der beiden Lehrpläne sich durchaus aneinander anknüpfen lassen, und dass im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* durch die knappe und oft allgemein gehaltene Formulierung der Kompetenzerwartungen im Lehrplan Sachunterricht häufig nicht deutlich wird, in welcher Ausprägung und bezogen auf welche Inhaltsfelder eine Kompetenz am Ende der vierten Jahrgangsstufe bereits erwartet werden kann.

Im Folgenden wird zusätzlich ein Beispiel aus der Strand Map zum Basiskonzept *Struktur der Materie* aus dem Kompetenzbereich *Fachwissen* vorgestellt. In den Strand Maps aus dem Bereich *Fachwissen* werden im Gegensatz zu den Strand Maps zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* die Pfeile nicht zu den übergeordneten Kompetenzformulierungen, sondern zu den fachspezifischen und auf die Inhaltsfelder bezogenen Kompetenzformulierungen gezogen. Dies lässt sich damit begründen, dass die Kompetenzformulierungen aus dem Lehrplan Sachunterricht, die dem Bereich *Fachwissen* zugeordnet werden können, durch die beispielhafte Nennung konkreter Inhalte häufig besser einzelnen chemiebezogenen Kompetenzen als den übergeordneten und nicht nach Basiskonzepten getrennten Kompetenzerwartungen des Kompetenzbereichs *Fachwissen* zugeordnet werden können.

In Abbildung 4 wird exemplarisch eine Kompetenzformulierung für die Schuleingangsphase im Sachunterricht und die daran anknüpfenden Kompetenzformulierungen aus dem Basiskonzept *Struktur der Materie* aufgezeigt. Dabei geht es im Sachunterricht um den Vergleich und die Untersuchung von Eigenschaften verschiedener Materialien. Dazu werden beispielhaft einige Eigenschaften genannt (MSW NRW, 2008). An diese Kompetenz lässt sich an mehreren Stellen direkt anknüpfen. Die zugehörigen Kompetenzerwartungen für die Sekundarstufe I beziehen sich auf die Stoffeigenschaften unterschiedlicher Stoffe und können chemiespezifischen Kompetenzformulierungen zu den übergeordneten Kompetenzformulierungen UF1, UF2 und UF3 auf beiden Progressionsstufen zugeordnet werden (vgl. MSW NRW, 2013). Hier ist eine Weiterentwicklung der Kompetenz über die Schulstufen hinweg möglich, da in der Grundschule zunächst die Eigenschaften von verschiedenen Materialien im Allgemeinen betrachtet werden und dies in der Sekundarstufe I vertieft wird, indem nun auf die spezifischen Eigenschaften von Stoffen eingegangen wird. Zusätzlich gibt es eine indirekte Verbindung zu einer für den E-Kurs vorgesehenen Kompetenzerwartung der zweiten Progressionsstufe. Hier geht es nicht explizit um Stoffeigenschaften, sondern um das Erklären von Stoffmengenkonzentrationen am Beispiel saurer und alkalischer Lösungen (MSW NRW, 2013). Da hierfür jedoch die Eigenschaften saurer und alkalischer Lösungen bekannt sein müssen, kann die in der Grundschule bereits angebahnte Kompetenz zur Untersuchung von Materialien und ihren Eigenschaften auch hierfür indirekt hilfreich sein. Auch dieser Auszug aus einer Strand Map zeigt nun exemplarisch für den Kompetenzbereich *Fachwissen*, dass die Kompetenzformulierungen für das Fach Sachunterricht Anknüpfungspunkte zu den Kompetenzformulierungen für das Fach Chemie bieten und eine vertikale Vernetzung der Kompetenzen dadurch ermöglicht wird.

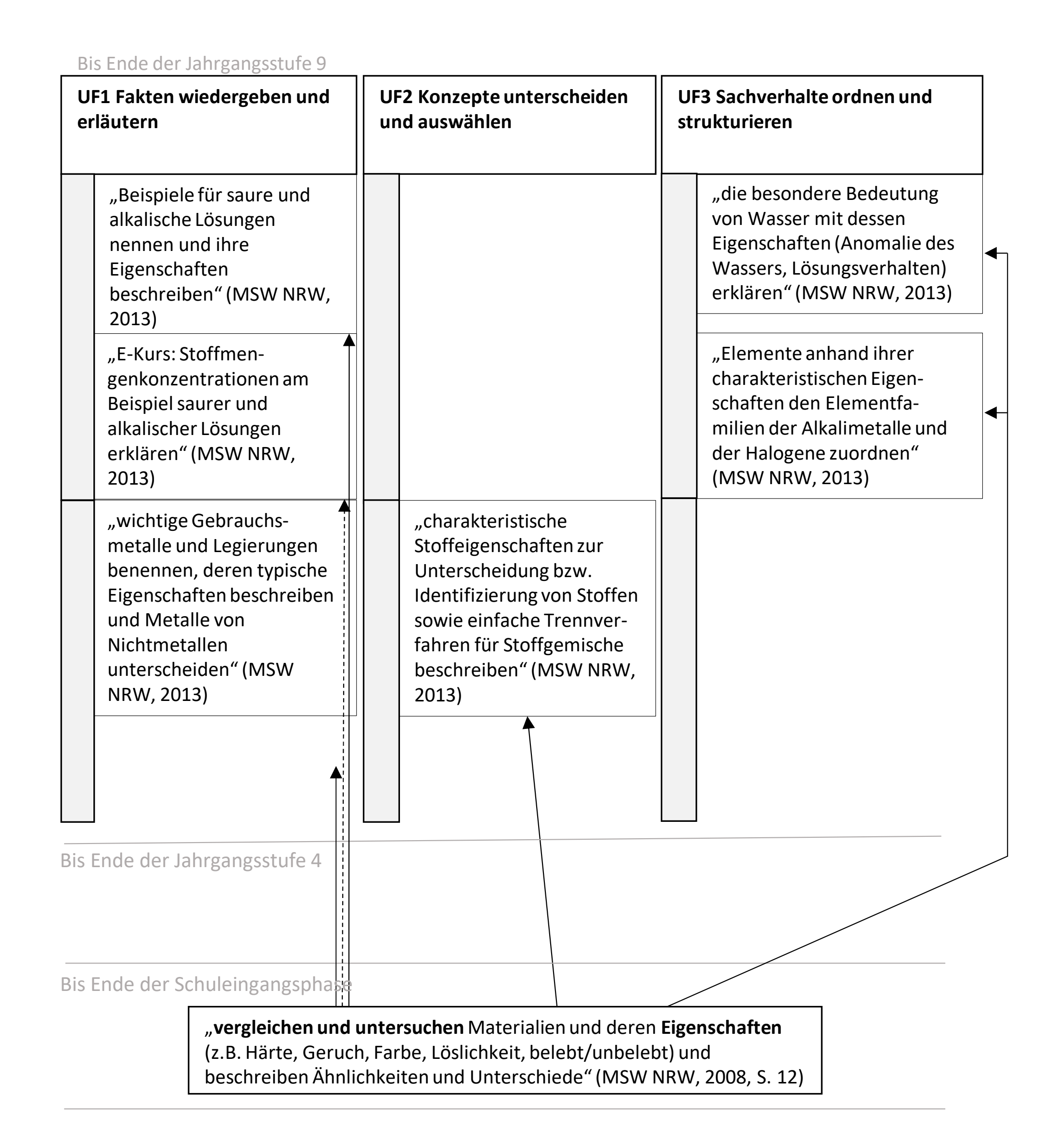



*Abbildung 4: Auszug aus der Strand Map zum Basiskonzept Struktur der Materie*

Neben den beiden exemplarisch beschriebenen Auszügen aus den Strand Maps lassen sich für jeden Kompetenzbereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* und für jedes Basiskonzept des Kompetenzbereichs *Fachwissen* mehrere solcher aufeinander aufbauenden Kompetenzformulierungen für die beiden Fächer finden. Diese lassen sich in den im digitalen Anhang befindlichen Strand Maps ablesen. Aus der gesamten Lehrplansynopse wird folglich ersichtlich, welche der Kompetenzformulierungen aus dem Sachunterricht relevant für die später im Chemieunterricht erwarteten Kompetenzen sind. Die mit diesen Kompetenzen adressierten Inhalte werden in Tabelle 3 stichpunktartig zusammengefasst.

*Tabelle 3: Chemiebezogene Inhalte im Sachunterricht in Nordrhein-Westfalen sortiert nach Kompetenzbereichen und Basiskonzepten*

| **Fachwissen** |
|---|
| Chemische Reaktion<br>• Verbrennungen als Stoffumwandlungen |
| Struktur der Materie<br>• Aggregatzustandsänderungen von Wasser<br>• Eigenschaften von Stoffen<br>• Lösen von Feststoffen |
| Energie<br>• Umwandlung und Verbrauch von Energie<br>• sparsamer Umgang mit Energie |

| **Prozessbezogene Kompetenzen** |
|---|
| Erkenntnisgewinnung<br>• Analyse von chemischen Sachverhalten und Zusammenhängen<br>• Experimente |
| Kommunikation<br>• Recherche von chemiebezogenen Informationen<br>• Darstellung von chemiebezogenen Informationen<br>• Austausch über chemische Inhalte mit anderen |
| Bewertung<br>• Bedeutung von Chemie für den Menschen<br>• Bedeutung von Chemie für die Umwelt<br>• Chemische Problemstellungen bearbeiten/lösen |

Die insgesamt als relevant für das Fach Chemie identifizierten Kompetenzen dienten als Grundlage für die Entwicklung der Items, die die im Sachunterricht erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen messen. Um zusätzlich auch Kompetenzen des ersten Lernjahres im Fach Chemie betrachten zu können, war es nötig, Items zu den Kompetenzen zu entwickeln, die im Laufe dieses ersten Lernjahres erwartet werden. Diese lassen sich ebenfalls aus der Lehrplansynopse ablesen. Für die Konstruktion dieser zusätzlichen Items fand eine Eingrenzung auf die Kompetenzen statt, die sich den Inhalten aus Tabelle 3 zuordnen lassen und die folglich unmittelbar an die im Sachunterricht erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen anknüpfen.

### 4.1.2 Entwicklung der Items

Bei der Entwicklung von Items zur Kompetenzmessung in den verschiedenen Jahrgangsstufen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht waren die unterschiedlichen Voraussetzungen der Probandinnen und Probanden zu berücksichtigen. Auch wenn in anderen Studien bereits gezeigt werden konnte, dass bei einer sorgfältigen Entwicklung von Aufgaben und zugehörigen Antwortalternativen eine Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der Grundschule auch mit geschlossenen, schriftlichen Antwortformaten valide umsetzbar ist (Pollmeier et al., 2011), so ist das Alter der Schülerinnen und Schüler dennoch

ein wichtiger zu berücksichtigender Faktor. Insbesondere für die jüngsten Probandinnen und Probanden sollte das Testinstrument vergleichsweise geringe Anforderungen an die Lesekompetenz und das Arbeitsgedächtnis stellen, während gleichzeitig eine Messäquivalenz der in den unterschiedlichen Jahrgangsstufen eingesetzten Items angestrebt werden sollte (Möller et al., 2013). Aus diesem Grund wurde darauf geachtet, dass alle Items dasselbe Antwortformat aufweisen und eine möglichst geringe Menge an Text beinhalten. Letzteres wurde wenn möglich durch den Einsatz von Abbildungen umgesetzt.

Als Format für alle Aufgaben wurde ein gebundenes Antwortformat gewählt, da dieses einfach, ökonomisch und objektiv sowohl in der Durchführung als auch in der Auswertung ist (Jonkisz et al., 2012). Die genaue Gestaltung des Aufgabenformats ergab sich aus einer Vorstudie, in welcher bereits Items für den Kompetenzbereich *Fachwissen* für Schülerinnen und Schüler am Ende der Grundschulzeit entwickelt wurden (Behrendt et al., 2019). Hier wurden Multiple-Choice-Items mit jeweils insgesamt sechs Antwortalternativen konstruiert. Die Probandinnen und Probanden wurden im Rahmen der Datenerhebung gebeten, jede Antwortmöglichkeit anzukreuzen, die sie für richtig halten, jede Antwortmöglichkeit durchzustreichen, die sie für falsch halten, und alle Antwortmöglichkeiten, zu denen sie keine Aussage treffen können, nicht zu markieren. Im Rahmen der Vorstudie zeigte sich, dass eine Berücksichtigung sowohl der als richtig als auch der als falsch markierten sowie der nicht markierten Antwortalternativen in der Bepunktung jedes Items im Vergleich zu anderen Verfahren der Punktevergabe dazu führt, dass die Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler mithilfe des Tests deutlich besser abgebildet werden können. Aus diesem Grund wurde das erprobte Verfahren auch für die im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingesetzten Items genutzt. Um die Umsetzung für die Schülerinnen und Schüler einfacher zu gestalten, wurde bei der Entwicklung der Items für jede Antwortalternative die Möglichkeit hinzugefügt, diese durch Setzen eines Kreuzes entweder als richtig oder als falsch zu markieren. Können die Schülerinnen und Schüler nicht entscheiden, ob eine Antwort richtig oder falsch ist, sind sie dazu angehalten diese Antwortmöglichkeit weder mit richtig noch mit falsch zu markieren. Folglich ergab sich im Rahmen der Itementwicklung das in Abbildung 5 dargestellte Itemformat, welches für alle Items einheitlich verwendet wurde.

| **Aufgabenstamm** | | |
|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch |
| Antwortalternative 1 | ☐ | ☐ |
| Antwortalternative 2 | ☐ | ☐ |
| Antwortalternative 3 | ☐ | ☐ |
| Antwortalternative 4 | ☐ | ☐ |
| Antwortalternative 5 | ☐ | ☐ |
| Antwortalternative 6 | ☐ | ☐ |

*Abbildung 5: Itemformat*

Bei der inhaltlichen Gestaltung der Items wurde darauf geachtet, dass zu allen zu erfassenden Kompetenzbereichen und Basiskonzepten die gleiche Anzahl an Items entwickelt wurde. Um den Kompetenzbereich *Fachwissen* abzudecken, wurden insgesamt 24 Items entwickelt. Für jedes der drei Basiskonzepte wurden dazu zunächst fünf Items entwickelt, welche auf die zum Ende der Grundschulzeit zu erwartenden Kompetenzen abzielen. Diese Items waren für den Einsatz in allen an der Erhebung beteiligten Jahrgangsstufen vorgesehen, da genau diese Kompetenzen während und kurz nach der Übergangsphase erfasst werden sollten. Um zusätzlich auch Aussagen über die Kompetenzen im ersten Lernjahr Chemie tätigen zu können, wurden für jedes der drei Basiskonzepte zusätzlich drei weitere Items entwickelt, welche auf einige der in diesem Schuljahr zu erwerbenden Kompetenzen abzielen. Diese Items waren dementsprechend auch nur für den Einsatz in dieser Jahrgangsstufe vorgesehen. Insgesamt wurden folglich acht Items für jedes der drei Basiskonzepte konstruiert. Analog dazu wurden auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* insgesamt 24 Items entwickelt. Für jeden der drei zugehörigen Kompetenzbereiche wurden auch hier fünf Items für den Einsatz in allen Jahrgangsstufen und drei weitere Items für den Einsatz ausschließlich im ersten Lernjahr Chemie, also insgesamt je acht Items konstruiert.

Die Items zum Kompetenzbereich *Fachwissen*, welche die zum Ende der Grundschulzeit erwarteten Kompetenzen betreffen, konnten vollständig aus der hierzu bereits durchgeführten Vorstudie übernommen und in das neue Itemformat übertragen werden. Um einen möglichst geringen Einfluss der Lesekompetenz auf das Testergebnis zu erzielen, wurden die Aufgaben möglichst kurzgehalten. Der Aufgabenstamm besteht jeweils aus einer Frage, die Antwortalternativen entweder aus einzelnen Stichworten oder aus kurzen Sätzen. Inhaltlich existieren für das Basiskonzept *Chemische Reaktion* fünf Items zu Verbrennungen als Stoffumwandlungen, da dies der einzige im Lehrplan Sachunterricht vorkommende Inhalt ist, der diesem Basiskonzept zugeordnet werden konnte (vgl. Tabelle 3). Wie der Tabelle ebenfalls zu entnehmen ist, wurden für die beiden anderen Basiskonzepte jeweils mehrere inhaltliche Aspekte berücksichtigt. So gibt es für das Basiskonzept *Struktur der Materie* ein Item zu den Aggregatzuständen des Wassers, zwei Items zu den Eigenschaften von Stoffen und zwei Items zum Lösen von Feststoffen. Zum Basiskonzept *Energie* liegen drei Items zur Umwandlung und zum Verbrauch von Energie sowie zwei Items zum sparsamen Umgang mit Energie vor. Für die konkrete Auswahl inhaltlicher Beispiele, anhand derer die genannten Sachverhalte abgefragt wurden, wurden im Rahmen der Itementwicklung der Vorstudie typische Aufgabenstellungen aus verschiedenen Sachunterrichtsschulbüchern genutzt. Zum Finden geeigneter Distraktoren wurden, sofern vorhanden, gängige Schülervorstellungen beispielsweise zu den Themen Verbrennung (Dunker, 2010; Hank, 2013) oder Wasser (Collin, 2008) verwendet. Die so übernommenen und lediglich in das neu gestaltete Itemformat übertragenen Items mussten ergänzt werden um je drei weitere Items zu jedem Basiskonzept, die sich auf das im ersten Lernjahr Chemie zu erwerbende *Fachwissen* beziehen. Hierzu wurde auf bereits bestehende Items von Celik (im Druck) zurückgegriffen, die ebenfalls Items zur Erfassung des *Fachwissens* im ersten Lernjahr Chemie entwickelte und bereits evaluierte. Die Items wurden weitestgehend übernommen und lediglich um weitere Antwortalternativen ergänzt, um sie in das gewünschte Itemformat übertragen zu können. Bei der konkreten Auswahl der drei Items pro Basiskonzept wurde darauf geachtet, dass diese inhaltlich möglichst gut an die Kompetenzen aus dem Sachunterricht anknüpfen.

Während im Sachunterricht bezogen auf das Basiskonzept *Chemische Reaktion* beispielsweise ausschließlich Verbrennungen als Beispiel verwendet und dort als Stoffumwandlungen bezeichnet werden, werden die chemischen Reaktionen im ersten Lernjahr des Chemieunterrichts auch explizit als solche benannt und definiert. Folglich wurden für dieses Basiskonzept ein Item zur Definition chemischer Reaktionen, ein Item zur Identifizierung verschiedener Beispiele für chemische Reaktionen inklusive der Verbrennung sowie ein Item zur Aktivierungsenergie, die im Kontext von Verbrennungsreaktionen ebenfalls eine Rolle spielt, ausgewählt. Zum Basiskonzept *Struktur der Materie* wurden analog zu den bereits in der Grundschule relevanten inhaltlichen Aspekten auch hier ein Item zu Stoffeigenschaften, ein Item zu den Aggregatzuständen und ein Item zu Lösungsvorgängen ausgewählt. Im Gegensatz zu den Items, die sich auf die in der Grundschule erwarteten Kompetenzen beziehen, sind die hier ausgewählten Items nicht auf konkrete Beispiele bezogen, sondern fragen im Allgemeinen nach Stoffeigenschaften, Aggregatzuständen und Merkmalen von Lösungen. Für das Basiskonzept *Energie* wurden ausschließlich Items zur Umwandlung von Energie ausgewählt. Dies hängt damit zusammen, dass im Kernlehrplan Chemie auf der ersten Progressionsstufe keine Kompetenzformulierungen zu finden sind, die sich auf Möglichkeiten des sparsamen Umgangs mit Energie beziehen (MSW NRW, 2013). Dies lässt sich auch anhand der Lehrplansynopse im digitalen Anhang nachvollziehen. Die drei ausgewählten Items zur Umwandlung von Energie sind im Gegensatz zu den Items für die in der Grundschule erwarteten Kompetenzen nicht mehr auf Situationen aus dem Alltag, sondern auf konkrete chemische Prozesse bezogen.

Die Entwicklung passender Items für die *prozessbezogenen Kompetenzen* im gleichen oben beschriebenen Itemformat gestaltete sich für die drei zugehörigen Kompetenzbereiche unterschiedlich, weshalb diese im Folgenden getrennt voneinander beschrieben werden. Allen gemein ist, dass sie im Gegensatz zu den Items zum *Fachwissen* einen umfangreicheren Aufgabenstamm besitzen, da zur Beantwortung der Fragen verschiedene Hintergrundinformationen benötigt werden, die in diesem Aufgabenstamm bereitgestellt werden. Diese Präsentation von Fachinformationen im Aufgabenstamm hat sich für Aufgaben zur Erfassung prozessbezogener Kompetenzen wie zum Beispiel dem Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* an anderer Stelle bereits bewährt (Wellnitz et al., 2012). Die im Aufgabenstamm präsentierten Informationen sind in der vorliegenden Arbeit eingebettet in eine beispielhafte Situation, die von zwei Kindern beziehungsweise Jugendlichen (Tim und Anna) erlebt wird. Diese Art der Darstellung des Aufgabenstamms wurde übernommen aus den Items des NAW-L Tests von Mannel (2011). Aus diesem Test wurde auch ein Großteil der Aufgaben des Kompetenzbereichs *Erkenntnisgewinnung* abgeleitet, wie im Verlauf des Kapitels noch genauer dargestellt wird. Bei der Formulierung des Aufgabenstamms wurde bei allen drei Kompetenzbereichen darauf geachtet, dass das zur korrekten Beantwortung der Aufgabe benötigte *Fachwissen* ebenfalls im Aufgabenstamm präsentiert wird. Auf diese Weise sollte erreicht werden, dass die Items tatsächlich nur die gewünschte *prozessbezogene Kompetenz* messen und nicht zusätzlich auch das benötigte *Fachwissen* mit abgefragt wird. Um die Items trotz des größeren Aufgabenstamms und der teilweise auch umfangreicheren Antwortalternativen so wenig textlastig wie möglich zu gestalten, wurden nach Möglichkeit Abbildungen eingesetzt, die den Text sinnvoll ergänzen oder sogar ersetzen. Alle Abbildungen wurden im Zuge der Itemkonstruktion neu erstellt und nicht aus bereits bestehenden

Items übernommen, um auch optisch eine möglichst einheitliche Gestaltung aller Items zu erreichen.

Die meisten Items zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* sind wie bereits erwähnt angelehnt an Mannel (2011). Es wurden dazu Items aus dem NAW-L Test ausgewählt, die möglichst verschiedene Schritte des Experimentierens beziehungsweise der weiterführenden Analyse der Ergebnisse von Experimenten abdecken. Für die Kompetenzen, die zum Ende der Grundschulzeit erwartet werden, existieren hier jeweils ein Item zur Planung eines Experiments, ein Item zur Beschreibung der Beobachtung eines Experiments sowie zwei Items zur Interpretation von Ergebnissen eines Experiments. Die letzten beiden Items unterscheiden sich dadurch, dass die Antwortalternativen in einem der beiden Items lediglich Aussagen dazu beinhalten, ob sich eine zuvor genannte Idee auf Basis einer Beobachtung bestätigen lässt, während in dem anderen Item zusätzlich die korrekte Begründung für diese Bestätigung der Idee eine Rolle spielt. Wie von Mannel (2011) empfohlen, wurden für die grundschulrelevanten Kompetenzen nur Items ausgewählt, in der in den Experimenten genau eine Variable berücksichtigt wird. Ergänzt werden die vier bisher beschriebenen Items durch ein weiteres Item, in welchem es um sicheres Verhalten während des Experimentierens geht. Die hierzu genutzten Antwortalternativen sind angelehnt an ein ähnliches Item aus dem PK-Test von Klos (2008). Für die zusätzlichen Items für das erste Lernjahr Chemie wurden drei weitere Items von Mannel (2011) als Grundlage genutzt. Darunter befinden sich ein Item zur Planung eines Experiments und zwei Items zur Interpretation von Ergebnissen eines Experiments, die sich auf die gleiche Weise voneinander unterscheiden wie bereits die anderen beiden oben beschriebenen Items. Die drei Items für das erste Lernjahr Chemie unterscheiden sich dadurch von den anderen fünf Items, dass hier jeweils zwei verschiedene Variablen berücksichtigt beziehungsweise miteinander verglichen werden und nicht nur eine. Alle an Mannel (2011) orientierten Items wurden um weitere Antwortalternativen ergänzt, um sie in das gewünschte Itemformat übertragen zu können. Zudem wurden eventuell vorhandene Abbildungen neu erstellt und gegebenenfalls kleine Veränderungen oder Ergänzungen an den Formulierungen vorgenommen.

Die Items zum Kompetenzbereich *Kommunikation* wurden neu entwickelt. Die grundsätzliche Gestaltung der Items ist angelehnt an die zuvor beschriebenen Items von Mannel (2011). Laut Tabelle 3 müssen für die Erfassung der für die Grundschule relevanten Kompetenzen im Bereich *Kommunikation* drei Aspekte abgedeckt werden. Diese ließen sich jedoch nicht alle in Items übertragen. Da Kompetenzen zum Austausch chemischer Sachverhalte mit Mitschülerinnen und Mitschülern nicht in einem in Einzelarbeit zu bearbeitenden Paper-and-Pencil-Test erfasst werden können, wurden hierzu keine Items entwickelt. Auch die Fähigkeit fachbezogene Informationen zu recherchieren, kann nicht direkt erfasst werden. Aus diesem Grund wurde zu diesem Aspekt sowohl für die Erfassung der grundschulbezogenen Kompetenzen als auch für die Erfassung der Kompetenzen für das erste Lernjahr Chemie je nur ein Item entwickelt. In beiden geht es um die Auswahl geeigneter Quellen für eine Recherche zu einem chemiebezogenen Thema. Die beiden Items unterscheiden sich in ihrer Komplexität insofern, als dass in dem einfacheren Item eine allgemeinere Aussage über generell eher gut geeignete oder eher schlecht geeignete Quellen getroffen werden muss, während in dem schwierigeren Item mehrere Textausschnitte aus verschiedenen Quellen tatsächlich verglichen und über diesen Vergleich inhaltlich beurteilt werden müssen. Alle weiteren Items aus dem

Kompetenzbereich *Kommunikation* beziehen sich auf den Aspekt der Darstellung von Informationen. Für die Erfassung der grundschulrelevanten Kompetenzen gibt es hier je eine Aufgabe zum Zusammenhang zwischen Text und Bild, zum Ablesen von Informationen aus einer Tabelle, zur übersichtlichen Gestaltung von Plakaten sowie zur Entnahme relevanter Informationen aus kurzen Texten. Für die Kompetenzen des ersten Lernjahres Chemie existiert zur Darstellung von Informationen zum einen ein Item zum Zusammenhang zwischen Text und Bild, welches im Gegensatz zu dem einfacheren Item nicht nur das Herstellen eines Zusammenhangs zwischen einem Satz und dem Bild, sondern zwischen einem gesamten Text und dem Bild erfordert. Zum anderen wurde ein Item zur Gestaltung von Plakaten entwickelt, welches im Gegensatz zu dem einfacheren Item nicht nur das generelle Verhältnis von Text zu Bild sowie die Schriftgröße als relevante Kriterien einbezieht, sondern vor allem die übersichtliche Darstellung einer einfachen Messreihe mithilfe von Diagrammen fokussiert.

Auch die Items zum Kompetenzbereich *Bewertung* wurden neu entwickelt und in ihrer Gestaltung an die von Mannel (2011) entwickelten Items angelehnt. Da die relevanten Kompetenzformulierungen aus diesem Kompetenzbereich stärker den Inhalt fokussieren, der bewertet werden soll (Bedeutung von Chemie für den Menschen und die Umwelt) oder allgemein vom Bearbeiten oder Lösen von Problemstellungen die Rede ist, musste für die Entwicklung der Items zu diesem Kompetenzbereich zunächst festgelegt werden, was genau unter Bewertungskompetenz zu verstehen ist. Hostenbach (2011) definiert für ihr Modell zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht die Bewertungskompetenz als „Fähigkeit, fachbezogen Kriterien für die Entscheidung zwischen verschiedenen Optionen heranzuziehen, sie zu gewichten und abzuwägen, um abschließend eine begründete Entscheidung für eine Option zu treffen“ (Hostenbach, 2011, S. 24). Diese Definition diente auch als Grundlage für die Entwicklung der Aufgaben für diese Arbeit. Es wurden entsprechend der Kompetenzformulierungen zum Kompetenzbereich *Bewertung* sowohl Inhalte gewählt, die eher die Bedeutung von Chemie für die Umwelt in den Blick nehmen (Verpackungsmüll, verschiedene Düngemittel, verschiedene Putzmittel) als auch Inhalte, die eher die Bedeutung von Chemie für den Menschen in den Blick nehmen (Zahnpflege, Ernährung). Zu diesen Inhalten wurden Situationen konstruiert und im Aufgabenstamm beschrieben, die eine Entscheidung erfordern beziehungsweise eine schon getroffene Entscheidung beschreiben. Zudem werden im Aufgabenstamm verschiedene Entscheidungskriterien präsentiert, welche zum Treffen einer Entscheidung genutzt werden sollen oder die bereits getroffene Entscheidung begründen. Auf Grundlage dieser Kriterien sollen die Schülerinnen und Schüler dann eine oder mehrere dazu passende Entscheidungen oder Begründungen für die bereits getroffene Entscheidung auswählen. Die einfacheren fünf Items, die für die Erfassung grundschulrelevanter Kompetenzen gedacht sind, wurden dabei mit einem oder maximal zwei zu berücksichtigenden Entscheidungskriterien versehen. Die Items für das erste Lernjahr Chemie enthalten entweder drei relevante Entscheidungskriterien oder sie enthalten zwei relevante und ein zusätzliches irrelevantes Entscheidungskriterium. Auf diese Weise wurden ähnlich wie auch in den Items zur *Erkenntnisgewinnung* von Mannel (2011) unterschiedlich komplexe Aufgaben konstruiert.

### 4.1.3 Expertenrating und Überarbeitung der Items

Um die Qualität aller entwickelten Items sicherzustellen und eine eindeutige Zugehörigkeit jedes Items zu dem jeweils beabsichtigten Kompetenzbereich sicherzustellen, wurden alle Items insgesamt sieben unbeteiligten Experten zur Einschätzung vorgelegt. Bei den Experten handelte es sich um Fachdidaktikerinnen und Fachdidaktiker aus den Fächern Sachunterricht und Chemie, die ein Lehramtsstudium für die Grundschule, für die Haupt-, Real- und Gesamtschule oder für das Gymnasium und die Gesamtschule absolviert hatten. Folglich waren auch Experten für alle Bildungsgänge vertreten, die für eine Datenerhebung an Grundschulen und weiterführenden Schulen von Bedeutung sein können.

Alle Experten bekamen alle entwickelten Aufgaben in derselben zufällig festgelegten Reihenfolge unabhängig voneinander vorgelegt. Aufgabe der Experten war es zum einen, Auffälligkeiten jeglicher Art zu notieren, und zum anderen, jedes Item einem der vier Kompetenzbereiche *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* zuzuordnen. Dadurch sollte überprüft werden, inwiefern sich die verschiedenen Items auch durch unabhängige Rater eindeutig einem der angestrebten Kompetenzbereiche zuordnen lassen und nicht unbeabsichtigt einen anderen oder sogar mehrere Kompetenzbereiche abdecken.

Zur Auswertung des auf diese Weise durchgeführten Expertenratings wurde die Interrater-Reliabilität zwischen allen sieben Ratern und der beabsichtigten Zuordnung zu den Kompetenzbereichen bestimmt. Als Maß für eine Übereinstimmung zwischen zwei Ratern wird üblicherweise der Cohens-Kappa-Koeffizient $\kappa$ bestimmt, welcher in die beobachtete Übereinstimmung zwischen zwei Einschätzungen auch die bei Zufall erwartete Übereinstimmung integriert (Wirtz & Caspar, 2002). Wirtz und Caspar (2002) nennen einen Richtwert von $\kappa > 0.75$, der eine sehr gute Übereinstimmung zwischen den Ratern beschreibt. Um, wie hier nötig, die Übereinstimmung zwischen mehreren Ratern zu messen, schlägt Fleiss (1971) ein Verfahren vor, in dem die durchschnittliche Übereinstimmung aller Raterpaare betrachtet wird. Der dabei entstehende Kappa-Koeffizient $\kappa$ wird auch als Fleiss‘ Kappa $\kappa_{Fleiss}$ bezeichnet (Popping, 2019). Die Übereinstimmung der Rater in dem beschriebenen Expertenrating wurde mithilfe des Statistikprogramms IBM SPSS Statistics 27® durchgeführt und ergab den Übereinstimmungskoeffizienten $\kappa_{Fleiss} = 0.795$. Dies spricht im Mittel für eine hohe Übereinstimmung zwischen allen beteiligten Ratern. Um auszuschließen, dass einzelne Items dennoch nicht eindeutig einen Kompetenzbereich erfassen, wurden trotz der insgesamt hohen Übereinstimmung der Rater alle Items überarbeitet, bei denen mehr als ein Rater von der beabsichtigten Zuordnung abwich. Dabei handelte es sich um drei Items aus dem Bereich *Fachwissen*, ein Item aus dem Bereich *Erkenntnisgewinnung*, zwei Items aus dem Bereich *Kommunikation* und drei Items aus dem Bereich *Bewertung*. Zur Überarbeitung dieser Items wurden diese daraufhin untersucht, ob bestimmte inhaltliche Aspekte oder Formulierungen dazu beitragen, dass auch die andere durch einige Rater vorgenommene Zuordnung nachvollziehbar ist. Bei den Items aus den Bereichen *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung* und *Kommunikation* konnten solche Formulierungen identifiziert und so verändert werden, dass die Zuordnung zu dem gewünschten Kompetenzbereich eindeutiger wird. Die Items aus dem Kompetenzbereich *Bewertung* wiesen in dieser Hinsicht keine auffälligen Formulierungen oder Inhalte auf. Deshalb wurden diese mit den anderen,

eindeutig zuordenbaren Items aus diesem Kompetenzbereich verglichen. Dabei stellte sich heraus, dass bei allen eindeutig zuordenbaren Items aus dem Kompetenzbereich *Bewertung* in der im Aufgabenstamm formulierten Fragestellung explizit das Entscheidungskriterium genannt wurde, welches bei der Beantwortung der Frage berücksichtigt werden soll. Bei den drei Items mit einigen abweichenden Experteneinschätzungen ging dieses Entscheidungskriterium jeweils nur implizit aus dem Aufgabenstamm hervor. In diesen drei Items wurde folglich das entsprechende Entscheidungskriterium in der Fragestellung ergänzt, um auch diese Items eindeutiger dem Kompetenzbereich *Bewertung* zuordnen zu können. Außerdem wurden auf Grundlage der zusätzlichen Notizen der Rater in zwei Items kleine Korrekturen vorgenommen.

### 4.1.4 Zusammensetzung der Testhefte

Die so überarbeiteten Items wurden anschließend in Testhefte übertragen, um diese im Rahmen der Pilotstudie einzusetzen und zu erproben. Bei der Erstellung der Testhefte wurde zunächst eine einheitliche Instruktion für alle Probandinnen und Probanden verfasst (vgl. Kapitel II im Anhang). Diese enthält den Empfehlungen von Jonkisz et al. (2012) entsprechend eine detaillierte Handlungsanweisung inklusive eines Beispielitems, welches das Lösungsprinzip aller Items verdeutlicht. Zudem werden die Schülerinnen und Schüler hier auf die Anonymität der Testung hingewiesen. Im Anschluss daran folgen die Testitems.

Da insbesondere den jüngeren Probandinnen und Probanden nicht zuzumuten ist, alle 30 beziehungsweise 48 Items in dem für die Datenerhebung begrenzten Zeitfenster zu bearbeiten, wurden insgesamt drei unterschiedliche Testhefte erstellt, welche durch ein Balanced-Incomplete-Block-Design miteinander verknüpft wurden. Die Items wurden dabei in insgesamt sechs Blöcke aufgeteilt. Für den Kompetenzbereich *Fachwissen* existieren drei Blöcke, die jeweils die Items zu einem der drei Basiskonzepte enthalten. Analog dazu gibt es für die *prozessbezogenen Kompetenzen* drei Blöcke, die jeweils die Items eines der drei zugehörigen Kompetenzbereiche umfassen. Jedes der drei zusammengestellten Testhefte enthält jeweils zwei der drei Blöcke zum *Fachwissen* und zwei der drei Blöcke zu den *prozessbezogenen Kompetenzen*. Die Verteilung der Blöcke auf die Testhefte wird in Abbildung 6 veranschaulicht.

| **Testheft A** | **Testheft B** | **Testheft C** |
|---|---|---|
| Chemische Reaktion | Struktur der Materie | Energie |
| Struktur der Materie | Energie | Chemische Reaktion |
| Erkenntnisgewinnung | Kommunikation | Bewertung |
| Kommunikation | Bewertung | Erkenntnisgewinnung |

*Abbildung 6: Verteilung der Itemblöcke auf die Testhefte*

Der Abbildung ist zu entnehmen, dass sich jedes der Testhefte bezogen auf die Blöcke jeweils zur Hälfte mit jedem der beiden anderen Testhefte überschneidet. Auch die Reihenfolge der Anordnung der Blöcke im Testheft entspricht der Anordnung in Abbildung 6. Dabei werden die Items zum *Fachwissen* bewusst zuerst präsentiert, da die Aufgaben-

stämme der Items zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* teilweise Fachwissen vorgeben, welches die Bearbeitung der Fachwissensaufgaben beeinflussen könnte. Diese Art der Beeinflussung des Antwortverhaltens sollte vermieden werden.

Jeder der sechs Blöcke enthält in jedem Testheft mindestens alle fünf zugehörigen Items, die die zum Ende der Grundschulzeit erwarteten Kompetenzen erfassen. Für Jahrgangsstufen, die sich im ersten Lernjahr Chemie befinden, enthalten die Blöcke zusätzlich jeweils auch die drei weiteren Items, die den Test um in diesem Schuljahr zu erwerbende Kompetenzen erweitern. Auch wenn für die Reihenfolge der Items in Testheften empfohlen wird, die Items so anzuordnen, dass die Schwierigkeit im Laufe des Tests oder hier im Laufe des Blocks ansteigt (Jonkisz et al., 2012), wurden die zusätzlichen Items für das erste Lernjahr Chemie bewusst zwischen alle anderen Items gemischt. Dies liegt darin begründet, dass davon auszugehen war, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler im Rahmen der vorgegebenen Zeitspanne alle Items vollständig bearbeiten. Es sollte jedoch sichergestellt werden, dass möglichst viele Schülerinnen und Schüler des ersten Lernjahres Chemie unter anderem auch Items bearbeiten, die in diesem Jahr zu erwerbende Kompetenzen messen.

Ein Wechsel zum nächsten Block wurde jeweils optisch durch einen entsprechenden Hinweis für die Schülerinnen und Schüler markiert. Dieser sollte bei der Durchführung einen zeitgleichen Beginn, aber auch ein zeitgleiches Beenden der Bearbeitung eines Blocks durch die Testleiterinnen und Testleiter erleichtern. Dadurch sollte gewährleistet werden, dass auch Schülerinnen und Schüler, die nicht alle Aufgaben innerhalb der vorgesehenen Arbeitszeit bearbeiten können, trotzdem Aufgaben aus jedem der vier Blöcke des eigenen Testhefts bearbeiten.

Die so zusammengestellten Testhefte wurden durch geschulte Testleiterinnen und Testleiter im Rahmen der Pilotierung eingesetzt, um auf dieser Grundlage gegebenenfalls weiter optimiert zu werden.

### 4.1.5 Sicherstellung der Testgütekriterien

Um mithilfe des entwickelten Testinstruments aussagekräftige Ergebnisse erhalten zu können, wurde darauf geachtet, die drei wichtigsten Testgütekriterien Validität, Objektivität und Reliabilität möglichst gut zu erfüllen. Ein Test ist dann valide, wenn er das Merkmal, das er messen soll, tatsächlich misst und kein anderes. Objektiv ist der Test, wenn das zu messende Merkmal unabhängig vom Testleiter und Testauswerter misst. Reliabel ist er, wenn er das zu messende Merkmal exakt, also ohne Messfehler misst (Moosbrugger & Kelava, 2012).

Die Validität wurde bereits bei der Entwicklung der Items berücksichtigt. Hier spielt insbesondere die Inhaltsvalidität eine große Rolle, bei der es darum geht, dass der Test das zu messende Merkmal repräsentativ erfasst, was vor allem durch logische und fachliche Überlegungen von Experten geschieht (Moosbrugger & Kelava, 2012). Dies ist in dem entwickelten Test einerseits dadurch umgesetzt worden, dass sich die Items zu den verschiedenen Kompetenzbereichen eng an den in den curricularen Vorgaben konkret formulierten Kompetenzen orientieren. Hier wurden nach Möglichkeit alle im Lehrplan Sachunterricht für das Land Nordrhein-Westfalen formulierten Kompetenzen, die sich einem Kompetenzbereich zuordnen ließen, genutzt, um sie in mindestens einem der

Items des Kompetenzbereichs abzubilden. Lediglich im Kompetenzbereich *Kommunikation* wurde hier ein Aspekt ausgeklammert, der sich nicht mithilfe eines Paper-and-Pencil-Tests erfassen lässt. Dies muss folglich bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden. Um die Inhaltsvalidität des Testinstruments weiter zu überprüfen, wurde andererseits auch das im Kapitel 4.1.3 beschriebene Expertenrating durchgeführt. Dies bestätigte in weiten Teilen die Zuordnung der Items zu den verschiedenen Kompetenzbereichen. Dort, wo keine eindeutige Zuordnung zu beobachten war, wurden die Items entsprechend überarbeitet, um die Inhaltsvalidität dieser Items weiter zu erhöhen. Des Weiteren spielen auch Überlegungen zur Konstruktvalidität eine Rolle bei der Entwicklung des Messinstruments. Diese ist in diesem Fall erfüllt, wenn das Verhalten der Testpersonen in der Testsituation tatsächlich Rückschlüsse auf die zu messenden Kompetenzen zulässt (Moosbrugger & Kelava, 2012). Darauf wurde zum einen dadurch Rücksicht genommen, dass falls möglich bereits bestehende Testinstrumente genutzt wurden, die dasselbe oder ein ähnliches Konstrukt erfassen, um daraus die Testitems abzuleiten oder sogar weitestgehend mit nur kleinen Ergänzungen oder Anpassungen zu übernehmen. Zum anderen kann im Rahmen der Auswertung der Testergebnisse mithilfe von IRT-Analysen, die in Kapitel 4.3 beschrieben werden, für jedes Item überprüft werden, inwiefern es zum Gesamtmodell passt. Zudem kann im Nachhinein überprüft werden, inwiefern Zusammenhänge zwischen den gemessenen Kompetenzen und zusätzlich erhobenen Kontrollvariablen bestehen. Auf diese Weise lässt sich ausschließen, dass mithilfe des Tests auch andere Fähigkeiten (nämlich die mithilfe der Tests zu den Kontrollvariablen erhobenen) gemessen werden. Zu diesem Zweck wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten*, *Leseverständnis* und *Fachinteresse* erhoben.

Auch die Objektivität des Tests wurde bereits vor Durchführung der Datenerhebung berücksichtigt. Hierbei spielt zunächst die Durchführungsobjektivität eine große Rolle, bei der durch möglichst genau festgelegte Durchführungsbedingungen erreicht werden soll, dass das Testergebnis nicht davon abhängt, welche Testleiterin oder welcher Testleiter den Test durchführt (Moosbrugger & Kelava, 2012). Zu diesem Zweck wurde im Rahmen der Testentwicklung bereits darauf geachtet, eine möglichst detaillierte und gut verständliche Instruktion inklusive eines Beispielitems in das Testheft zu integrieren (vgl. Kapitel II im Anhang). Diese Instruktion wurde von den Testleiterinnen und Testleitern zu Beginn jeder Testung laut vorgelesen und das Beispielitem wurde verwendet, um zu erläutern, wie das Testheft auszufüllen ist. Auch für den weiteren Verlauf der Testungssitzung wurden alle Testleiterinnen und Testleiter im Vorfeld geschult, um möglichst identische Durchführungsbedingungen in allen Testsitzungen zu erreichen. So gab es beispielsweise klare Vorgaben zum Umgang mit Fragen der Schülerinnen und Schüler, zur Durchführungszeit und zum Umgang mit Störungen. Zudem wurden alle nicht beabsichtigten Abweichungen von der vorgesehenen Vorgehensweise durch die Testleiterinnen und Testleiter notiert, um solche Verletzungen der Durchführungsobjektivität bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigen zu können. Zusätzlich zu diesen Überlegungen zur Durchführungsobjektivität wurde auch bereits im Vorfeld darauf geachtet, dass das Testergebnis nicht davon abhängt, wer den Test auswertet. Man spricht dabei auch von Auswertungsobjektivität (Moosbrugger & Kelava, 2012). Dies ist bei Multiple-Choice-Aufgaben in der Regel problemlos zu erreichen. Für den hier entwickelten Test wurde ein entsprechendes Kodiermanual erstellt (vgl. Kapitel V im Anhang), mithilfe dessen die

erhobenen Daten durch geschulte Hilfskräfte nach dem dort vorgeschriebenen Kodiermuster in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 27® übertragen werden konnten, um dort alle Daten nach einem einheitlichen Verfahren auswerten zu können.

Die beschriebenen Maßnahmen, die bereits vor der Durchführung der Testung berücksichtigt wurden, sollten insgesamt dazu beitragen, ein hohes Maß an Objektivität und Validität zu erreichen. Inwiefern auch das Gütekriterium Reliabilität erfüllt wurde, konnte erst nach der Durchführung der Datenerhebung überprüft werden.

## 4.2 Weitere Erhebungsinstrumente

Neben dem entwickelten Testinstrument zur Messung der chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler wurden auch weitere Testinstrumente eingesetzt. Die damit erhobenen Variablen fungierten als Kontrollvariablen. Sie dienten zum einen dazu, zu überprüfen, inwiefern der Kompetenztest sich von diesen Variablen abgrenzen lässt und diese folglich nicht unbeabsichtigt mit erhebt. Zum anderen dienten sie dazu, die Vergleichbarkeit verschiedener Teilstichproben anhand von für die Erhebung relevanten Kriterien zu überprüfen. Als Kontrollvariablen dienten dabei zum einen die *kognitiven Fähigkeiten* und das *Leseverständnis* aufgrund des in der PRISE-Studie festgestellten Einflusses von Sprach- und kognitiven Leistungsfähigkeiten auf die Schulleistungen (Roos & Schöler, 2013) und zum anderen das Fachinteresse aufgrund des beispielsweise im PLUS-Projekt beobachteten Interessenrückganges in naturwissenschaftlichen Fächern (Pollmeier et al., 2014). Im Folgenden werden die hierzu eingesetzten Messinstrumente kurz vorgestellt.

### 4.2.1 Kognitiver Fähigkeitstest

Um die *kognitiven Fähigkeiten* der Schülerinnen und Schüler als Kontrollvariable zu erheben, wurde auf ein bereits bestehendes Testinstrument, nämlich den Kognitiven Fähigkeitstest (KFT) von Heller und Perleth (2000), zurückgegriffen. Dabei handelt es sich um einen Intelligenztest für Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 4 bis 12. In dem insgesamt 130 Minuten andauernden Speed-Power-Test werden verbale, nonverbale und numerische Fähigkeiten auf drei Skalen abgebildet. Es sind dabei für die verschiedenen Jahrgangsstufen unterschiedliche Aufgaben vorgesehen. Durch die Verbindung der Jahrgangsstufen durch sich überlappende Teile der jeweiligen Skala sind die verschiedenen Jahrgangsstufen aber dennoch miteinander vergleichbar.

Aus zeitökonomischen Gründen, und weil der Test nicht zu individualdiagnostischen Zwecken, sondern zu Gruppenvergleichen dient, wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht der gesamte KFT eingesetzt. Da numerische Fähigkeiten im entwickelten Kompetenztest nahezu keine Rolle spielen und verbale Fähigkeiten bereits durch den im nächsten Unterkapitel beschriebenen Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest abgedeckt wurden, wurde hier ausschließlich die Skala zu den nonverbalen Fähigkeiten (N1-Skala) genutzt. Diese umfasst 25 Items, in welchen eine Gemeinsamkeit zwischen drei Figuren erkannt werden muss, um dann aus fünf weiteren Figuren diejenige zu identifizieren, die das gemeinsame Merkmal ebenfalls aufweist. Die Bearbeitungszeit für diese Skala umfasst neun Minuten (Heller & Perleth, 2000).

### 4.2.2 Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest

Obwohl die Items des Kompetenztests bewusst möglichst kurz und wenn möglich durch Abbildungen unterstützt formuliert wurden, ist ein Einfluss der Lesekompetenz auf das Verständnis der Aufgaben nicht gänzlich auszuschließen. Aus diesem Grund wurde als weitere Kontrollvariable das *Leseverständnis* der Schülerinnen und Schüler mithilfe des normierten Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests (LGVT) von Schneider et al. (2017) erhoben. Dieser dient zur Ermittlung der drei genannten Variablen in den Jahrgangstufen 5 bis 13. Aus den drei verschiedenen zur Verfügung stehenden Paralleltextversionen wurde für die vorliegende Arbeit der Laufburschentext mit insgesamt 2155 Wörtern verwendet. Dieser Text soll im Rahmen der Testung innerhalb von sechs Minuten so weit wie möglich gelesen werden. Dabei muss an insgesamt 47 im Text verteilten Stellen aus drei Alternativen das am besten in den Textzusammenhang passende Wort ausgewählt werden. Anhand der Anzahl insgesamt gelesener Wörter sowie anhand der innerhalb dieses Textbereichs richtig ausgewählten Wortalternativen können dann ein Wert für das *Leseverständnis*, ein Wert für die *Lesegeschwindigkeit* und ein Wert für die *Lesegenauigkeit* ermittelt werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde der Wert für das *Leseverständnis* als Kontrollvariable herangezogen.

### 4.2.3 Fragebogen zu Alter, Geschlecht und Fachinteresse

Angegliedert an das Testheft des Kompetenztests wurde ein kurzer Fragebogen zum *Alter*, *Geschlecht* und *Fachinteresse* der Schülerinnen und Schüler eingesetzt. Die Erhebung von *Alter* und *Geschlecht* diente vor allem zur Überprüfung der Vergleichbarkeit verschiedener Teilstichproben. Die Erhebung des *Fachinteresses* war deshalb von Bedeutung, weil im Laufe der Übergangsphase zwischen Sach- und Chemieunterricht unterschiedliche naturwissenschaftliche Fächer unterrichtet werden. Ein möglicherweise unterschiedlich ausgeprägtes Interesse an den verschiedenen Fächern sollte hier als potenzieller Einflussfaktor auf die chemiebezogenen Kompetenzen berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurden das Interesse am Fach Sachunterricht, der vor dem Übergang in die Sekundarstufe I von allen Schülerinnen und Schülern besucht wird, das Interesse an den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Physik sowie integrierte Naturwissenschaften, die in der Übergangsphase bis zum Chemieunterricht erteilt werden, und das Interesse am Fach Chemie nach dieser Übergangsphase erhoben. Dazu wurden Items zum *Fachinteresse* von Klos (2008) genutzt, die bereits in ähnlichen Jahrgangsstufen und bezogen auf alle auch hier relevanten Unterrichtsfächer mit Ausnahme des Sachunterrichts erprobt und eingesetzt wurden. Die zu allen Fächern identisch formulierten Items wurden für die vorliegende Arbeit auch auf das Fach Sachunterricht übertragen. Es handelt sich dabei jeweils um vier analog formulierte Aussagen zu jedem Fach, die auf einer vierstufigen Likert-Skala mit den Ausprägungen *stimmt gar nicht*, *stimmt wenig*, *stimmt eher* und *stimmt* eingeschätzt werden sollten. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine ebenfalls für jedes Fach analog formulierte Aussage ergänzt, die nach dem Wohlbefinden der Schülerinnen und Schüler in dem entsprechenden Fach fragt. Die Schülerinnen und Schüler wurden im Rahmen der Datenerhebung dazu aufgefordert, den Fragebogen zum *Fachinteresse* für alle Fächer auszufüllen, in denen sie in der Vergangenheit bereits unterrichtet wurden. Schülerinnen und Schüler, die zu mehreren Messzeitpunkten an der Testung teilnahmen, sollten den Fragebogen

bei der zweiten Testung nur für die Fächer ausfüllen, in denen sie seit der ersten Testung erstmalig unterrichtet wurden.

### 4.3 Testtheorie

Um die mit den beschriebenen Testinstrumenten erhobenen Daten zur Beschreibung der chemiebezogenen Kompetenzen der Lernenden nutzen zu können, wurden diese mithilfe statistischer Verfahren ausgewertet. Zur Analyse der Qualität des entwickelten Testinstruments und zur Bestimmung von Item- und Personenparametern wurde die probabilistische Testtheorie verwendet. Diese wird im Folgenden dargestellt. Im Anschluss folgt eine Beschreibung deskriptiver und varianzanalytischer Verfahren, welche zum Vergleich der Personenparameter verschiedener Teilstichproben durchgeführt wurden.

Während es sich bei der klassischen Testtheorie um eine reine Messfehlertheorie handelt, die lediglich unsystematische Messfehler berücksichtigt und die dabei keine Annahmen über die Beantwortung von Items oder das Zustandekommen von Testleistungen tätigt (Bühner, 2011), gibt die probabilistische Testtheorie – auch Item-Response-Theory (IRT) genannt – Auskunft über Zusammenhänge zwischen individuellen latenten Merkmalsausprägungen und der Wahrscheinlichkeit für das Auftreten zugehöriger manifester Itemantworten (Döring & Bortz, 2016; Moosbrugger, 2012). Dabei ist es nicht erforderlich, dass alle Personen alle Items eines Tests bearbeiten (Moosbrugger, 2012). Da die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Testungen so geplant und umgesetzt wurden, dass nicht alle Lernenden alle Items bearbeiten, wurde die probabilistische Testtheorie hier für die Auswertung der erhobenen Daten genutzt. Alle IRT-Analysen im Rahmen der Arbeit wurden mithilfe des Programms WINSTEPS® durchgeführt. Dieses verwendet für die Schätzung der im Folgenden erläuterten statistischen Parameter die Schätzmethode *Joint Maximum Likelihood Estimation* (JMLE), da mit dieser Schätzmethode IRT-Modelle unter nahezu allen Bedingungen geschätzt werden können (Linacre, 2020).

Im Rahmen der probabilistischen Testtheorie können verschiedene Modelle zur Schätzung statistischer Parameter herangezogen werden. Am gebräuchlichsten sind gegenwärtig sogenannte Latent-Trait-Modelle, welche von einer quantitativen und kontinuierlichen latenten Variablen ausgehen (Moosbrugger, 2012). Ein Beispiel für ein solches Modell ist das häufig verwendete Rasch-Modell, welches der folgenden Modellgleichung folgt:

$$P\left(U_{ij} = 1 \middle| \theta_i, \beta_j\right) = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \qquad \text{(Strobl, 2010)}$$

Diese beschreibt die Wahrscheinlichkeit, mit der eine Person eine Aufgabe richtig beantwortet unter Berücksichtigung der Fähigkeit der Person, die sich im Personenparameter $\theta_i$ ausdrückt, und der Schwierigkeit der Aufgabe, die sich im Itemparameter $\beta_j$ ausdrückt (Strobl, 2010). Personen- und Itemparameter werden im Rasch-Modell geschätzt und beide auf derselben, sogenannten Logit-Skala abgebildet. Die geschätzten Logit-Werte können zwischen $+\infty$ und $-\infty$ liegen. In den meisten Fällen liegen sie aber zwischen +3 und -3. Negative Werte beschreiben Items mit geringer Schwierigkeit beziehungsweise Personen mit geringer Fähigkeit. Positive Werte kennzeichnen hingegen Items mit hoher Schwierigkeit oder Personen mit hoher Fähigkeit (Bühner, 2011). Ein Wert von 0 auf der Logit-Skala bedeutet, dass die Lösungswahrscheinlichkeit bei 50 %

liegt (Bond & Fox, 2007; Döring & Bortz, 2016). Item- und Personenparameter können aufgrund derselben zugrunde liegenden Skala gemeinsam in der sogenannten Wright Map veranschaulicht und direkt gegenübergestellt werden (Bond & Fox, 2007). Zudem kann jedes Item durch eine itemcharakteristische Kurve (ICC) dargestellt werden. Diese veranschaulicht die Wahrscheinlichkeit, mit der das individuelle Lösungsverhalten in Abhängigkeit vom Fähigkeitsparameter erwartet wird (Moosbrugger, 2012; Strobl, 2010). Die ICCs aller Items eines Tests haben alle dieselbe Steigung und sind lediglich auf der x-Achse verschoben. Diese Eigenschaft ergibt sich aus der Modellgleichung des Rasch-Modells, die neben der Itemschwierigkeit keinen Parameter beinhaltet, der die Eigenschaften der Kurve verändert, und der damit in Zusammenhang stehenden Annahme, dass die durch die Steigung der Kurve ausgedrückte Trennschärfe im Rasch-Modell für alle Items identisch ist (Strobl, 2010).

Zusätzlich zu den Personen- und Itemparametern sind auch weitere Kennwerte für die Auswertung der erhobenen Daten von Bedeutung. Um die Qualität des Testinstruments beurteilen zu können, lassen sich verschiedene im Rasch-Modell berechnete statistische Kennwerte heranziehen. Zunächst spielen die Item- und die Personenreliabilität eine Rolle. Während die Itemreliabilität eine Aussage über die Zuverlässigkeit der geschätzten Itemschwierigkeiten erlaubt und damit anzeigt, inwiefern sich für denselben Test auch bei Bearbeitung durch eine andere Stichprobe dieselben Itemschwierigkeiten zeigen würden, ist die Personenreliabilität ein Maß für die Zuverlässigkeit der Personenfähigkeiten. Sie gibt an, inwiefern sich die gemessenen Personenfähigkeiten auch zeigen würden, wenn dieselbe Stichprobe einen vergleichbaren Test durchführt (Bond & Fox, 2007). Reliabilitäten nehmen Werte zwischen 0 und 1 an und werden interpretiert wie Cronbachs Alpha (Bond & Fox, 2007). Folglich liegt eine hohe und damit zufriedenstellende Reliabilität vor, wenn der Wert mindestens bei 0.75 liegt (Wirtz & Caspar, 2002). Um die Passung einzelner Items zum zugrundeliegenden Modell zu überprüfen, können verschiedene Fitwerte herangezogen werden. Im Rahmen des Rasch-Modells werden dazu häufig die sogenannten Infitwerte betrachtet. Diese können zwischen 0 und $+\infty$ liegen, wobei ein Wert von 1 erwartet wird (Bond & Fox, 2007). Da die Auswertung im Rahmen dieser Arbeit mithilfe des Programms WINSTEPS® erfolgt, werden als untere und obere Grenze für akzeptable Infitwerte die im WINSTEPS-Manual vorgeschlagenen Grenzwerte 0.5 und 1.5 verwendet (Linacre, 2020). Befindet sich ein Infitwert innerhalb des vorgesehenen Bereichs, kann das Item als gut zum Modell passend bezeichnet werden. Andernfalls wird der zugehörige t-Wert als standardisierte Form zur weiteren Beurteilung herangezogen, welcher dann zwischen -2 und 2 liegen sollte (Bond & Fox, 2007). Zusätzlich zu den Fitwerten können auch die Itemtrennschärfen zur Beurteilung der Testgüte herangezogen werden. Trennschärfen geben an, wie gut das Item im Vergleich zu allen anderen zwischen den Probandinnen und Probanden differenzieren kann (Kelava & Moosbrugger, 2012). Auch wenn im Rasch-Modell die Trennschärfen aller Items als gleich angenommen werden, sind diese empirisch betrachtet nicht identisch und können im Nachhinein für jedes Item berechnet werden (Linacre, 2020). Trennschärfen sollten laut Adams und Wu (2002) mindestens einen Wert von 0.25 aufweisen, damit das Item als passend zum Modell angesehen werden kann und nicht aus weiteren Analysen ausgeschlossen werden muss.

Die bisherigen Ausführungen bezogen sich auf das häufig verwendete Rasch-Modell. Dieses kann jedoch lediglich auf Tests mit einem dichotomen Antwortformat angewendet

werden. Der in dieser Arbeit eingesetzte Test erfüllt dieses Kriterium nicht. Da in diesem Test die Antwortalternativen für jedes Item separat als richtig oder falsch markiert werden, kann entsprechend auch jede einzelne Antwortalternative entweder mit einem Punkt oder null Punkten kodiert werden. Bei jeweils sechs Antwortalternativen kann jedes Item insgesamt folglich mit null bis sechs Punkten kodiert werden. Um diese unterschiedlich hohen Punktzahlen für ein Item auch innerhalb der IRT-Analysen zu berücksichtigen, muss ein Modell mit mehrstufigen Antwortkategorien als Erweiterung des Rasch-Modells herangezogen werden.

Modelle mit mehrstufigen Antwortkategorien benötigen anstelle einer Modellgleichung für die Lösungswahrscheinlichkeit einer Person und einer Aufgabe mehrere Modellgleichungen für jedes Item, nämlich für jede zu erreichende Antwortkategorie eine (Strobl, 2010). Daraus ergeben sich jeweils sowohl eine Lösungswahrscheinlichkeit als auch eine ICC für jede Antwortkategorie. Die ICCs der Antwortkategorien eines Items liegen nebeneinander und überschneiden sich jeweils. Der Schnittpunkt zweier ICCs wird auch als Schwelle oder Threshold bezeichnet. Für Personen, deren Fähigkeit genau der Itemschwierigkeit dieses Schnittpunktes entspricht, liegt die Wahrscheinlichkeit für das Erreichen beider beteiligter Kategorien bei 50 % (Bühner, 2011).

Da verschiedene IRT-Modelle mit mehrstufigen Antwortkategorien existieren, muss für die vorliegende Arbeit eine Entscheidung für eines dieser Modelle auf Grundlage seiner Eigenschaften getroffen werden. In Frage kommen zum einen das Partial-Credit-Modell und zum anderen das Rating-Scale-Modell. Die beiden Modelle unterscheiden sich dadurch, dass im Rating-Scale-Modell im Gegensatz zum Partial-Credit-Modell davon ausgegangen wird, dass die Abstände zwischen zwei aufeinanderfolgenden Schwellen jeweils über alle Items hinweg identisch sind (Bühner, 2011). Um zu beurteilen, welches der beiden Modelle für den eigenen Test besser geeignet ist, schlägt Linacre (2000) verschiedene Entscheidungskriterien vor. Diese beziehen sich auf das Itemformat, auf die Infitwerte beider Modelle im Vergleich, auf die Anzahl der Personen, die eine Punktekategorie erreicht sowie auf die Item- und Personenparameter beider Modelle. Die Entscheidungskriterien werden im Folgenden präsentiert und direkt auf den in dieser Arbeit verwendeten Test angewendet, um auf dieser Basis die Entscheidung für eines der beiden Modelle zu begründen.

Eines der Entscheidungskriterien bezieht sich auf das vorhandene Itemformat und kann folglich bereits vor der Datenerhebung beurteilt werden. Dabei beschreibt Linacre (2000), dass im Rating-Scale-Modell üblicherweise alle Items über dieselbe Skala, also dieselben Antwortkategorien verfügen. Die verschiedenen Punkteverteilungen der in der vorliegenden Arbeit verwendeten Tests ergeben sich jedoch nicht aus einer gemeinsamen Skala wie zum Beispiel einer Likert-Skala, sondern jeweils aus verschiedenen itemspezifischen Antwortalternativen. Lediglich die maximal zu erreichende Punktzahl ist bei allen Items identisch. In dieser Hinsicht sollte folglich das Partial-Credit-Modell bevorzugt werden. Die anderen von Linacre (2000) vorgeschlagenen Entscheidungskriterien erfordern bereits das Vorhandensein von Daten, auf Grundlage derer beide Modelle geschätzt und anschließend miteinander verglichen werden. Dies wurde exemplarisch mit den Daten der im folgenden Kapitel beschriebenen Pilotstudie umgesetzt. Hierbei stellte sich ein weiterer Vorteil des Partial-Credit-Modells zumindest für die Items zum Kompetenzbereich *Fachwissen* heraus. Dort zeigten sich teilweise bessere Infitwerte als für

dieselben Items im Rating-Scale-Modell. Für die *prozessbezogenen Kompetenzen* konnten diesbezüglich nur sehr geringe Unterschiede zugunsten des Partial-Credit-Modells festgestellt werden. Neben den bisher genannten Kriterien, die eher für das Partial-Credit-Modell sprechen, existieren auch Argumente, aufgrund derer Linacre (2000) zufolge eher ein Rating-Scale-Modell verwendet werden sollte. So werden beispielsweise in vielen Items einzelne Punktzahlen nur von einer sehr geringen Personenanzahl erreicht. Dies kann die Schätzungen im Partial-Credit-Modell verzerren, im Rating-Scale-Modell auf Grund der als gleich angenommenen Abstände zwischen den Thresholds jedoch nicht (Linacre, 2000). Zudem zeigt der Vergleich der Item- und Personenparameter beider Modelle, dass diese sich nicht grundlegend voneinander unterscheiden. Dies ist laut Linacre (2000) ein sehr starkes Argument dafür, das einfachere Rating-Scale-Modell zu verwenden. Aus diesem Grund wird auch in der vorliegenden Arbeit das Rating-Scale-Modell genutzt, um die Personen- und Itemparameter sowie weitere relevante statistische Kennwerte zu ermitteln.

### 4.4 Deskriptive und varianzanalytische Verfahren

Während die Qualität des Messinstruments mithilfe der in den IRT-Analysen geschätzten statistischen Kennwerte beurteilt werden kann, sind für die Überprüfung des Zusammenhangs der Testinstrumente mit den Kontrollvariablen sowie für die Vergleiche verschiedener Gruppen weitere deskriptive Analysen notwendig. Dafür wurden die in WINSTEPS® erzeugten Personenparameter für die verschiedenen erhobenen Variablen in IBM SPSS Statistics 27® importiert und dort für weitere Analysen genutzt. Es wurden dabei Zusammenhänge zweier Variablen sowie Unterschiede zwischen zwei oder mehr Gruppen – teilweise auch unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen – überprüft. Die dafür relevanten Analysen werden im Folgenden vorgestellt.

Für die Überprüfung eines ungerichteten Zusammenhangs zwischen den Testergebnissen und den Kontrollvariablen können bivariate Korrelationen berechnet werden. Diese können Werte zwischen -1 und +1 annehmen und damit einen negativen oder positiven Zusammenhang zwischen zwei Variablen anzeigen. Je näher der Betrag der Korrelation bei 1 liegt, desto größer ist der Zusammenhang (Bühner & Ziegler, 2017; Heimsch et al., 2018). Wenn es sich wie bei den in dieser Arbeit untersuchten Variablen um intervallskalierte Daten handelt, werden Produkt-Moment-Korrelationen berechnet (Bühner & Ziegler, 2017; Döring & Bortz, 2016; Heimsch et al., 2018). Für die Interpretation des Korrelationskoeffizienten *r* wird die folgende von Heimsch et al. (2018) vorgeschlagene Einstufung genutzt:

$0.0 < |r| \le 0.2$ sehr geringe Korrelation
$0.2 < |r| \le 0.5$ geringe Korrelation
$0.5 < |r| \le 0.7$ mittlere Korrelation
$0.7 < |r| \le 0.9$ hohe Korrelation
$0.9 < |r| \le 1.0$ sehr hohe Korrelation (Heimsch et al., 2018)

Um Unterschiede zwischen zwei voneinander unabhängigen Gruppen zu überprüfen, die sich anhand einer dichotomen Variable unterscheiden, wird ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt (Bühner & Ziegler, 2017; Döring & Bortz, 2016). Der t-Test überprüft die Nullhypothese, dass die Mittelwerte der Verteilungen beider Populationen gleich sind (Bühner & Ziegler, 2017). Zeigt der t-Test ein signifikantes Ergebnis an, muss

diese Nullhypothese folglich zurückgewiesen werden und es bestehen Unterschiede zwischen den Gruppen. Für diesen und alle weiteren in dieser Arbeit relevanten Tests werden dabei die folgenden Signifikanzniveaus $p$ festgelegt:

| | | |
|---|---|---|
| $p \leq .05$ | signifikant | |
| $p \leq .01$ | hochsignifikant | |
| $p \leq .001$ | höchstsignifikant | (Döring & Bortz, 2016) |

Zusätzlich zum Signifikanzniveau sollte auch die zugehörige Effektstärke berücksichtigt werden. Effektstärken beschreiben laut Bühner und Ziegler (2017) die geschätzten standardisierten Unterschiede zweier Gruppenmittelwerte. Sie zeigen folglich an, um wie viele geschätzte Standardabweichungen zwei Mittelwerte auseinanderliegen. Wenn die Mittelwertsunterschiede und Standardabweichungen durch den t-Test bekannt sind, können Effektstärken beispielsweise durch Cohens $d$ beschrieben werden. Dabei werden folgende Abstufungen für die Beurteilung der Größe der Effektstärke herangezogen:

| | | |
|---|---|---|
| $d \approx 0.20$ | kleiner Effekt | |
| $d \approx 0.50$ | mittlerer Effekt | |
| $d \approx 0.80$ | großer Effekt | (Bühner & Ziegler, 2017) |

Um einen t-Test für unabhängige Stichproben durchführen zu können, müssen laut Bühner und Ziegler (2017) folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Die Messwerte müssen intervallskaliert sein.
- Die Messwerte müssen voneinander unabhängig sein.
- Die Messwerte müssen in beiden Gruppen normalverteilt sein.
- Die Varianzen müssen in beiden Gruppen gleich sein.

Die ersten beiden Bedingungen sind bereits durch das Format der erhobenen Daten erfüllt. Bei den zu vergleichenden Messwerten handelt es sich um die in den IRT-Analysen ermittelten intervallskalierten Personenparameter. Die Messwerte zweier zu vergleichender Gruppen sind auch unabhängig voneinander, da es sich jeweils um zwei unterschiedliche, voneinander unabhängige Stichproben handelt. Die beiden übrigen Voraussetzungen müssen mithilfe der vorhandenen Daten jeweils überprüft werden. Die Normalverteilung der Daten kann beispielsweise mithilfe des Kolmogorov-Smirnow-Tests überprüft werden. Bei größeren Stichproben wie auch im Rahmen der hier durchgeführten Analysen fällt eine Verletzung dieser Voraussetzung jedoch nicht so sehr ins Gewicht und es wird empfohlen, den t-Test in diesem Fall dennoch durchzuführen (Bühner & Ziegler, 2017; Field, 2005). Die Varianzhomogenität als letzte Voraussetzung kann mithilfe des Levene-Tests geprüft werden. Dieser überprüft die Null-Hypothese, dass die Varianzen beider Gruppen gleich sind. Das Ergebnis des Levene-Tests darf folglich nicht signifikant sein, da ansonsten die Null-Hypothese zurückgewiesen werden muss und die Voraussetzung nicht erfüllt ist. Sollte keine Varianzhomogenität vorliegen, müssen die Freiheitsgrade für den t-Wert korrigiert werden (Bühner & Ziegler, 2017).

Sollen mehr als zwei Gruppen bezogen auf eine unabhängige Variable miteinander verglichen werden, muss anstelle des t-Tests eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt werden (Bühner & Ziegler, 2017; Döring & Bortz, 2016). Diese prüft die Nullhypothese, dass alle Gruppenmittelwerte gleich sind. Wird das Ergebnis signifikant,

muss die Nullhypothese zurückgewiesen werden und es sind mindestens zwei Mittelwerte unterschiedlich (Bühner & Ziegler, 2017). In diesem Fall können mithilfe sogenannter Post-hoc-Tests alle Gruppen paarweise miteinander verglichen werden, um Aussagen darüber zu erhalten, welche der Gruppen sich signifikant voneinander unterscheiden (Döring & Bortz, 2016). Da in der Varianzanalyse im Vergleich zum t-Test mehr als zwei Gruppen miteinander verglichen werden, ergibt sich auch eine Änderung für die Bedeutung der zu betrachtenden Effektstärken. Diese geben nun an, wie sehr die Zugehörigkeit zu einer der Gruppen die Varianz der Mittelwerte beeinflusst und welchen Anteil diese Variation dementsprechend an der Gesamtvariation der abhängigen Variablen erklärt (Bühner & Ziegler, 2017). Angezeigt wird die Effektstärke hier durch das Effektstärkemaß $\eta^2$, für welches die folgenden Werte für die Beurteilung der Effektstärkengröße herangezogen werden:

| | | |
|---|---|---|
| $\eta^2 \approx 0.01$ | kleiner Effekt | |
| $\eta^2 \approx 0.06$ | mittlerer Effekt | |
| $\eta^2 \approx 0.14$ | großer Effekt | (Bühner & Ziegler, 2017) |

Die Voraussetzungen, die für die Durchführung einer ANOVA zu erfüllen sind, sind identisch zu den Voraussetzungen für den t-Test, wobei davon auszugehen ist, dass die ANOVA auch robust gegenüber der Verletzung der Voraussetzung der Varianzhomogenität ist, insbesondere bei vergleichbaren Gruppengrößen (Bühner & Ziegler, 2017; Field, 2005).

Soll im Rahmen einer Überprüfung von Mittelwertsunterschieden der Einfluss von Kontrollvariablen auf das Testergebnis berücksichtigt werden, so kann dies im Rahmen einer sogenannten Kovarianzanalyse (ANCOVA) geschehen. Dabei handelt es sich um eine verbreitete Auswertungstechnik, die den Einfluss dieser Kontrollvariablen auf die abhängige Variable eliminiert. Die Kontrollvariablen werden dabei als Kovariaten in die Analyse einbezogen und reduzieren in der Analyse die Fehlervarianz der abhängigen Variablen. Innerhalb einer Untersuchung können dabei auch mehrere Kontrollvariablen berücksichtigt werden (Döring & Bortz, 2016). Für die ANCOVA gelten ebenfalls dieselben oben genannten Voraussetzungen, wobei es sich bei gleich großen Stichproben auch hier um ein sehr robustes Verfahren handelt. Vor der Durchführung einer ANCOVA sollten jedoch in jedem Fall die Korrelationen zwischen den Kovariaten und der abhängigen Variablen überprüft werden. Je höher diese Korrelationen sind, desto mehr wird die Fehlervarianz in der ANCOVA durch die Kovariaten reduziert. Entscheidend dafür, ob diese Reduktion der Fehlervarianz zuverlässig geschieht, ist dabei vor allem, dass die gemessenen Korrelationen zwischen Kovariaten und abhängiger Variable signifikant sind. Diese Voraussetzung sollte folglich in jedem Fall erfüllt werden, um eine ANCOVA durchführen zu können (Bortz & Schuster, 2016). In der vorliegenden Arbeit wird eine ANCOVA immer dann durchgeführt, wenn die Korrelation zwischen der Kovariate und der abhängigen Variable signifikant wird und wenn ein Einfluss der Kontrollvariablen auf die gemessenen Unterschiede in den chemiebezogenen Kompetenzen von zwei oder mehr Gruppen zu vermuten ist. Unterscheiden sich die zu vergleichenden Gruppen in einer oder mehreren Kontrollvariablen, ist ein solcher Einfluss anzunehmen und die betroffenen Kontrollvariablen werden als Kovariaten in die ANCOVA einbezogen. Unterscheiden sich die zu vergleichenden Gruppen bezogen auf die Kontrollvariablen nicht, werden

diese nicht in die vergleichenden Analysen einbezogen und es wird je nach Anzahl der Gruppen ein t-Test oder eine ANOVA durchgeführt.

# 5. Pilotstudie

Um die Qualität des entwickelten Testinstruments zu gewährleisten und die Kompetenzen zuverlässig abbilden zu können, wurde das Testinstrument zunächst im Rahmen einer Pilotstudie erprobt und validiert. Auf Grundlage der Ergebnisse der Pilotstudie wurden Konsequenzen für die Hauptstudie gezogen.

## 5.1 Studiendesign

Die Pilotstudie wurde kurz vor Ende des Schuljahres 2018/2019 durchgeführt. Um dabei alle für die Übergangsphase relevanten Messzeitpunkte abzubilden, wurde das Testinstrument hier in den Jahrgangsstufen 4 bis 8 eingesetzt.

Im Rahmen der Pilotstudie wurde ausschließlich der neu entwickelte Kompetenztest eingesetzt, da es sich bei den anderen zur Messung der Kontrollvariablen eingesetzten Testinstrumenten um bereits bestehende und erprobte Testinstrumente handelt. Zur Sicherstellung der Durchführungs- und Auswertungsobjektivität wurden die Daten von geschulten Testleiterinnen und Testleitern in einem vorgegebenen Zeitfenster von maximal 45 Minuten inklusive Instruktion (vgl. Kapitel II im Anhang) durchgeführt und anschließend mithilfe eines Kodiermanuals (vgl. Kapitel V im Anhang) in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 27® eingegeben. Dabei wurde zunächst für jede Antwortmöglichkeit kodiert, ob diese als richtig (1), als falsch (2) oder gar nicht (3) markiert wurde. Items, bei denen keine der sechs Antwortmöglichkeiten markiert wurde, wurden als nicht bearbeitete Items betrachtet und folglich nicht kodiert. Durch eine Umkodierung aller eingetragenen Werte wurden Antwortmöglichkeiten, die zu Recht als richtig oder falsch markiert wurden, mit einem Punkt bewertet. Antwortmöglichkeiten, die fälschlicherweise als richtig oder falsch markiert wurden oder die gar nicht markiert wurden, wurden entsprechend mit null Punkten bewertet. So entstand für jedes bearbeitete Item eine Punktzahl zwischen null und sechs. Diese wiederum konnte dann für Analysen mithilfe des im vorherigen Kapitel beschriebenen Rating-Scale-Modells genutzt werden.

## 5.2 Stichprobe und Skalierung

Die Datenerhebungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden exemplarisch mit Schülerinnen und Schülern des Landes Nordrhein-Westfalen durchgeführt. Wie auch in den meisten anderen Bundesländern wechseln Schülerinnen und Schüler hier nach insgesamt vier Jahren Grundschulzeit auf eine weiterführende Schule. Dabei stehen in Nordrhein-Westfalen aktuell insgesamt fünf weiterführende Schulformen zur Verfügung: Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Gesamtschule und Sekundarschule. An Hauptschulen, Realschulen und Gymnasien sind die fünfte und sechste Jahrgangsstufe als Erprobungsstufe angelegt, innerhalb derer ein Wechsel zu einer anderen Schulform möglich ist. Am Ende der Erprobungsstufe wird dann endgültig über den Verbleib in der Schulform entschieden. In Gesamtschulen und Sekundarschulen existiert diese Regelung nicht (KMK, 2015).

Die Stichprobe der Pilotstudie umfasste insgesamt 760 Schülerinnen und Schüler aus drei Grundschulen und drei Gesamtschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. Für die Sekundarstufe I wurden ausschließlich Gesamtschulen einbezogen, da es sich hierbei um eine Schulform handelt, in der alle Bildungsgänge der Sekundarstufe I vertreten sind

und wodurch somit ein möglichst ganzheitliches Bild der bei den Schülerinnen und Schülern nach der Grundschule vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen entsteht. Tabelle 4 gibt einen Überblick über die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die verschiedenen Jahrgangsstufen.

*Tabelle 4: Stichprobe – Pilotstudie*

| Jahrgangsstufe | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|
| $n_{gesamt}$ | 177 | 201 | 201 | 129 | 52 |
| $n_{weiblich}$ | 84 | 96 | 93 | 59 | 26 |
| $n_{männlich}$ | 92 | 105 | 107 | 67 | 26 |
| $n_{ohne\ Angabe}$ | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 |

Für die Analyse der in der beschriebenen Stichprobe erhobenen Daten im Rating-Scale-Modell existieren grundsätzlich mehrere Möglichkeiten. So wäre es beispielsweise denkbar, die Daten für jede Jahrgangsstufe einzeln auszuwerten. Damit ließe sich für jede Jahrgangsstufe separat einschätzen, ob der eingesetzte Test sich zur Erfassung der chemiebezogenen Kompetenzen in dieser Jahrgangsstufe eignet. Für einen späteren Vergleich der geschätzten Personenparameter zwischen den Jahrgangsstufen müssen diese jedoch auf einer gemeinsamen Skala liegen. Um dies zu erreichen, könnten beispielsweise die Itemschwierigkeiten der Jahrgangsstufe mit den besten Fitwerten für die Schätzung aller anderen Jahrgangsstufen fixiert werden. Sollten dabei einzelne Items keine guten Fitwerte aufweisen oder sollten manche Itemschwierigkeiten in einzelnen Jahrgangsstufen deutlich niedriger oder höher ausgeprägt sein als in anderen Jahrgangsstufen, bestünde auch die Möglichkeit, diese Items frei schätzen zu lassen, während alle weiteren Items fixiert werden. Neben diesen Möglichkeiten für eine Schätzung der Modellparameter getrennt nach Jahrgangsstufen lässt sich auch ein gemeinsames Rating-Scale-Modell über alle Jahrgangsstufen hinweg schätzen. In diesem können die geschätzten Personenparameter der einzelnen Jahrgangsstufen direkt miteinander verglichen werden. Aussagen darüber, in welchen Jahrgangsstufen der Test sich besser oder schlechter zur Erfassung der Kompetenzen eignet, lassen sich in dieser Variante jedoch nicht treffen. Welches Verfahren für die Analyse der erhobenen Daten genutzt wird, wird in der vorliegenden Arbeit auf Grundlage der Stichprobengröße und der daraus resultierenden Häufigkeit der Bearbeitung einzelner Items in den verschiedenen Jahrgangsstufen entschieden. Durch die Gestaltung der Testhefte im Balanced-Incomplete-Block-Design mit drei unterschiedlichen Testheftversionen und eine gleichmäßige Verteilung dieser drei Versionen auf die Probandinnen und Probanden konnte jedes Item von etwa zwei Dritteln aller teilnehmenden Schülerinnen und Schüler bearbeitet werden. Um im Rahmen des Rating-Scale-Modells aussagekräftige Ergebnisse auch für jede Jahrgangsstufe separat zu erhalten, wurde eine Bearbeitung jedes Items durch 100 Personen und damit eine Stichprobengröße von 150 Probandinnen und Probanden pro Jahrgangsstufe angestrebt. Dies konnte in den Jahrgangsstufen 7 und 8 nicht erreicht werden, da sich in der Jahrgangsstufe 7 insgesamt weniger Klassen zur Teilnahme an der Pilotstudie bereit erklärten und die Jahrgangsstufe 8 nur von Schulen abgedeckt wurde, die erst in dieser Jahrgangsstufe mit dem Chemieunterricht beginnen. Dies betraf im Rahmen der Pilotstudie eine der drei teilnehmenden Gesamtschulen. Als Konsequenz ergibt sich daraus die in Tabelle 5 dargestellte mittlere Häufigkeit der Beantwortung der verschiedenen Items für die einzelnen Jahrgangsstufen:

*Tabelle 5: Bearbeitungshäufigkeit der Items – Mittelwerte (M), Standardabweichungen (SD), Minimalwerte (Min) und Maximalwerte (Max) – Pilotstudie*

| Jgst. | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | Gesamt |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | ***M* = 115.8**<br>*SD* = 2.7<br>*Min*: 109<br>*Max*: 119 | ***M* = 133.1**<br>*SD* = 2.6<br>*Min*: 129<br>*Max*: 137 | ***M* = 125.1**<br>*SD* = 11.3<br>*Min*: 100<br>*Max*: 135 | ***M* = 83.7**<br>*SD* = 4.3<br>*Min*: 73<br>*Max*: 89 | ***M* = 34.9**<br>*SD* = 0.3<br>*Min*: 34<br>*Max*: 35 | ***M* = 399.2**<br>*SD* = 133.8<br>*Min*: 207<br>*Max*: 513 |
| **Prozess-bezogene Kompetenzen** | ***M* = 115.1**<br>*SD* = 5.6<br>*Min*: 96<br>*Max*: 119 | ***M* = 131.0**<br>*SD* = 4.8<br>*Min*: 119<br>*Max*: 136 | ***M* = 119.9**<br>*SD* = 16.5<br>*Min*: 79<br>*Max*: 135 | ***M* = 80.7**<br>*SD* = 7.3<br>*Min*: 60<br>*Max*: 89 | ***M* = 33.9**<br>*SD* = 1.0<br>*Min*: 31<br>*Max*: 35 | ***M* = 388.3**<br>*SD* = 140.7<br>*Min*: 170<br>*Max*: 513 |

Die in Tabelle 5 dargestellten Bearbeitungshäufigkeiten der Items in den verschiedenen Jahrgangsstufen zeigen, dass die angestrebte Anzahl von 100 Antworten pro Item nicht für jede Jahrgangsstufe erreicht werden konnte. Itemkennwerte, die sich nur auf einzelne Jahrgangsstufen beziehen, sind deshalb wie zu erwarten insbesondere für die Jahrgangsstufen 7 und 8 mit Vorsicht zu interpretieren. Im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* sind einzelne Items auch in den Jahrgangsstufen 4 und 6 von weniger Schülerinnen und Schülern beantwortet worden als vorgesehen. Bezogen auf die Gesamtstichprobe sind jedoch alle Items von einer ausreichend großen Anzahl an Schülerinnen und Schülern beantwortet worden, um hier aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Aus diesem Grund werden die Daten in einem Gesamtmodell über alle Jahrgangsstufen hinweg geschätzt. Zusätzliche Analysen für die einzelnen Jahrgangsstufen sind aufgrund der geringen Stichprobe nur eingeschränkt interpretierbar und werden deshalb nicht zur detaillierten Analyse der einzelnen Items oder zur Fixierung der Itemschwierigkeiten für andere Jahrgangsstufen verwendet, sondern nur, um erste Hinweise auf die Qualität des Messinstruments für einzelne Jahrgangsstufen zu erhalten.

## 5.3 Ergebnisse

Um die Qualität des Testinstruments zu überprüfen, wurden die im Rating-Scale-Modell geschätzten Personen- und Itemreliabilitäten sowie Infitwerte und Trennschärfen der einzelnen Items in den Blick genommen. Wie oben beschrieben wurden die verschiedenen Werte aufgrund der teilweise geringen Anzahl beantworteter Items in einzelnen Jahrgangsstufen hauptsächlich bezogen auf die Gesamtstichprobe berechnet. Lediglich die Item- und Personenreliabilitäten wurden auch für die einzelnen Jahrgangsstufen bestimmt, um erste Hinweise darauf zu erhalten, ob das Testinstrument sich auch für die Messung von Kompetenzen in jeder der beteiligten Jahrgangsstufen für sich betrachtet eignet. Bei allen durchgeführten Analysen wurden das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils als einzelner Test betrachtet und getrennt voneinander ausgewertet, da diese zum einen inhaltvalide als zwei voneinander getrennte Skalen entwickelt wurden und zum anderen die im Rating-Scale-Modell geschätzten Personenparameter beider Skalen nur auf einem mittleren Niveau miteinander korrelieren ($r = .603$, $p < .001$). Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass die beiden Skalen nicht dasselbe Konstrukt abbilden.

Im Folgenden werden zunächst die Personen- und die Itemreliabilität beider Skalen in den Blick genommen. Tabelle 6 zeigt die Reliabilitäten für die gesamte Stichprobe sowie für die einzelnen Jahrgangsstufen.

*Tabelle 6: Personen- und Itemreliabilitäten – Pilotstudie*

| **Jahrgangsstufe** | | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **Gesamt** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | Personenreliabilität | .66 | .70 | .81 | .82 | .74 | .75 |
| | Itemreliabilität | .98 | .98 | .98 | .98 | .96 | .99 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | Personenreliabilität | .74 | .75 | .84 | .87 | .81 | .81 |
| | Itemreliabilität | .98 | .98 | .97 | .95 | .92 | .99 |

Die Itemreliabilität nimmt in den Bereichen *Fachwissen* und *prozessbezogene Kompetenzen* sowohl für die Gesamtstichprobe als auch in den einzelnen Jahrgangsstufen zufriedenstellende Werte an. Bei Betrachtung der Personenreliablilität für die Gesamtstichprobe und die verschiedenen Jahrgangsstufen fällt auf, dass diese teilweise den gewünschten Mindestwert von .75 übersteigt, teilweise aber auch leicht unter diesem Wert liegt. Dies lässt sich jedoch vermutlich auf die geringe Anzahl an Probandinnen und Probanden zurückführen, die zu einer weniger aussagekräftigen Schätzung der verschiedenen statistischen Parameter und damit auch der Personenreliabilität führen kann. In allen Jahrgangsstufen sind die Werte für die Personenreliabilität im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* höher als im Bereich *Fachwissen*. Bezogen auf die Gesamtstichprobe ist die Personenreliabilität sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* zufriedenstellend. Eine Steigerung der Werte durch eine Verbesserung der Qualität des Testinstruments wurde für die Hauptstudie dennoch angestrebt.

Die weiteren statistischen Kennwerte wurden wie bereits beschrieben aufgrund der teilweise geringen Stichprobengrößen in den einzelnen Jahrgangsstufen nur für die Gesamtstichprobe betrachtet. Die Infitwerte und Trennschärfen der einzelnen Items liegen bezogen auf diese Gesamtstichprobe überwiegend in einem akzeptablen Bereich, wie Tabelle 7 zeigt.

*Tabelle 7: Infitwerte und Trennschärfen des Kompetenztests – Pilotstudie*

| | | |
|---|---|---|
| **Fachwissen** | Infit | *M* = 1.08<br>*SD* = 0.27<br>*Min*: 0.66<br>*Max*: 1.91 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.51<br>*Max*: 1.39 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | Infit | *M* = 1.06<br>*SD* = 0.21<br>*Min*: 0.69<br>*Max*: 1.48 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.38<br>*Max*: 1.18 |

Die Trennschärfen liegen sowohl im Bereich *Fachwissen* als auch bei den *prozessbezogenen Kompetenzen* deutlich über dem vorgesehenen Grenzwert von 0.25. Demzufolge muss kein Item aufgrund seiner Trennschärfe aus den weiteren Analysen ausgeschlossen werden. Im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* liegen auch alle Infitwerte innerhalb der vorgesehenen Grenzen von 0.5 bis 1.5. Im Bereich *Fachwissen* liegen die Infitwerte zweier Items außerhalb dieser Grenzen. Insgesamt kann also für die meisten Items angenommen werden, dass diese eine gute Passung zum Modell aufweisen. Lediglich für die beiden außerhalb der vorgesehenen Grenzwerte liegenden Items aus dem Bereich *Fachwissen* kann diese Aussage nicht getroffen werden. Dabei handelt es sich um zwei der drei Items mit den geringsten Itemschwierigkeiten. Zum einen ist das Item EN54 mit einem Infitwert von 1.91 und dem zugehörigen t-Wert von 9.90 betroffen. Dieses weist auch einen außerhalb der vorgesehenen Grenzen liegenden Outfitwert von 1.70 mit einem zugehörigen t-Wert von 8.60 auf. Zum anderen ist das Item SM53 mit einem Infitwert von 1.56 und dem zugehörigen t-Wert von 5.89 betroffen. Dieses weist einen guten Outfitwert von 1.26 auf. Da die Infitwerte beider Items zwar oberhalb von 1.5, aber unterhalb von 2.0 liegen, beeinflussen sie die Messung laut Linacre (2020) auch nicht negativ. Zudem weisen beide Items zufriedenstellende Trennschärfen auf ($\text{Trennschärfe}_{EN54} = .51$, $\text{Trennschärfe}_{SM53} = .95$). Folglich wurden sie nicht aus dem Test ausgeschlossen, sondern auch im Rahmen der Hauptstudie eingesetzt.

Weitere Aussagen zur Qualität des Messinstruments können anhand der Wright Maps getätigt werden. Es lassen sich sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils zwei Wright Maps erstellen. In der ersten werden die Personenfähigkeiten jeweils den gemittelten Itemschwierigkeiten eines gesamten Items gegenübergestellt, die sich aus den Thresholds zwischen den verschiedenen erreichbaren Punktzahlen eines Items ergeben. In der zweiten Wright Map werden dann jeweils alle Thresholds eines Items einzeln aufgeführt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit werden in den im Folgenden präsentierten Wright Maps jeweils die Items, die sich auf Kompetenzen des ersten Lernjahres Chemie beziehen und die folglich nur von den Schülerinnen und Schülern ab dem Ende der sechsten Jahrgangsstufe beantwortet wurden, grau markiert. Diese sollten aufgrund der Tatsache, dass sie sich auf Kompetenzen beziehen, die erst im Laufe des ersten Lernjahres Chemie erworben werden, im Vergleich zu allen anderen Items eine höhere Itemschwierigkeit aufweisen. Im Folgenden werden zunächst die Wright Maps ohne Thresholds dargestellt:

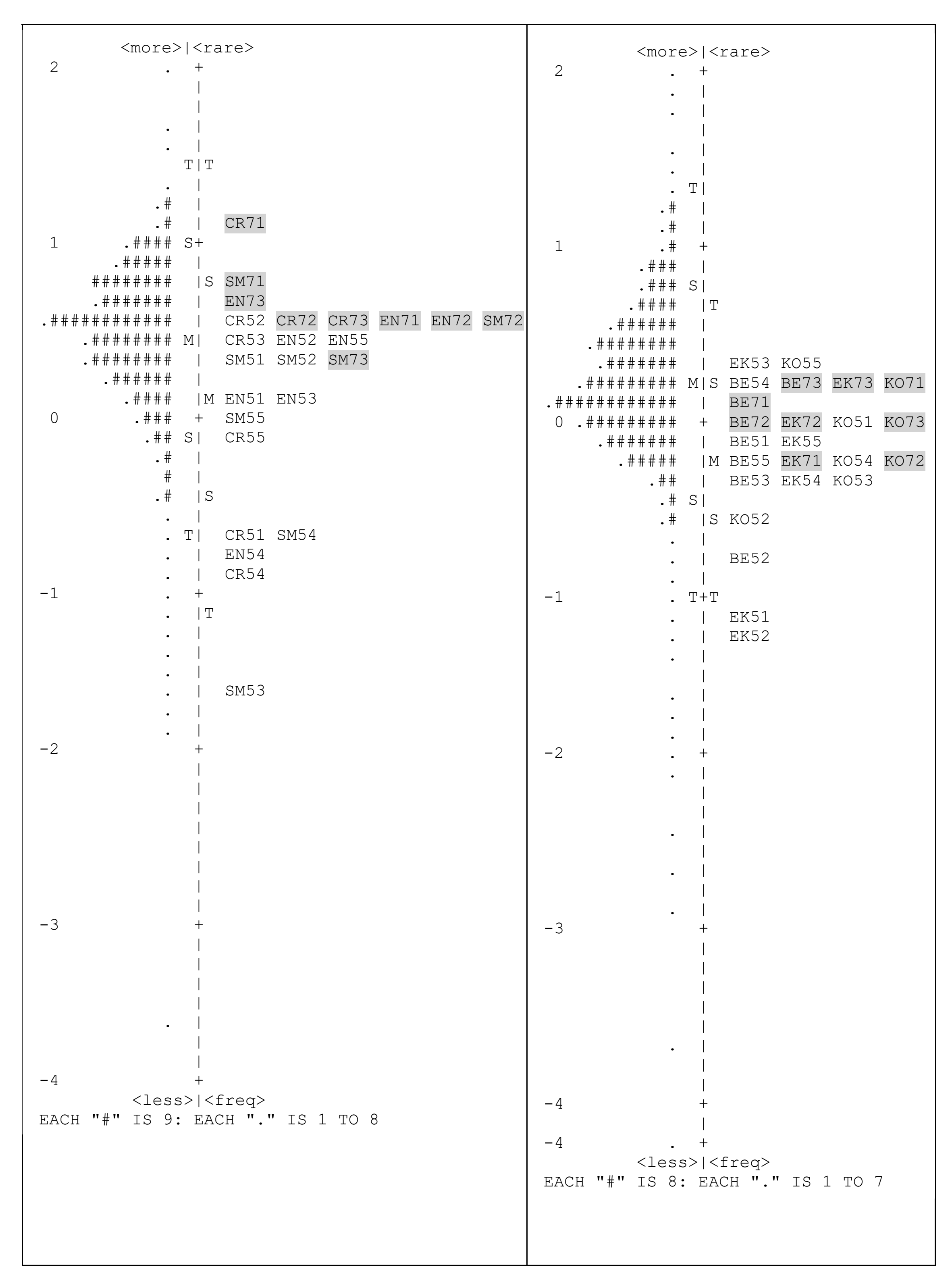



*Abbildung 7: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) – Pilotstudie*

Die Wright Map zum *Fachwissen* in Abbildung 7 zeigt, dass die Personenfähigkeiten in einem ähnlichen Wertebereich liegen wie die Itemschwierigkeiten. Dies bestätigen auch die Mittelwerte (*M*) sowie die zugehörigen Standardabweichungen (*SD*) beider Parameter (Itemschwierigkeiten: *M* = 0.00, *SD* = 0.63; Personenfähigkeiten: *M* = 0.26, *SD* = 0.55). Zudem lässt sich in der Wright Map ablesen, dass die grau markierten Items wie beabsichtigt überwiegend eine höhere Itemschwierigkeit aufweisen als alle anderen

Items. Lediglich eines dieser Items (SM73) liegt im mittleren Schwierigkeitsbereich. Eine mögliche Erklärung hierfür könnte der Inhalt des Items sein. Es wird dort gefragt, welche Stoffe (Feststoffe, Flüssigkeiten, Gase) in Wasser gelöst werden können. Dabei werden für die in Wasser löslichen Stoffe keine konkreten Beispiele genannt. Das Item ist dadurch zwar weniger beispielgebunden als die Items zu den Kompetenzen aus dem Sachunterricht, aber es wird das Beispiel Wasser als Lösungsmittel verwendet, was dem Item insgesamt einen größeren Beispielcharakter verleiht als es in den anderen Items zu den Kompetenzen aus dem ersten Lernjahr im Fach Chemie der Fall ist. Obwohl das Item dadurch eine ähnliche Schwierigkeit aufweist wie einige der Items zu den Kompetenzen aus dem Sachunterricht, wird es dennoch weiterhin den Items für das erste Lernjahr Chemie zugeordnet und erst mit Beginn dieses Lernjahres eingesetzt, da die dort abgefragte Kompetenz auf diesem Niveau im Sachunterricht noch nicht gefordert wird.

In der Wright Map zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* wird deutlich, dass sich die Itemschwierigkeiten zwar im Mittel in einem ähnlichen Wertebereich befinden wie die Personenfähigkeiten, dabei aber nicht so breit gestreut sind, sodass es kaum Items im oberen Wertebereich gibt. Dies bestätigen auch hier die Mittelwerte und zugehörigen Standardabweichungen beider Parameter (Itemschwierigkeiten: $M$ = 0.00, $SD$ = 0.42; Personenfähigkeiten: $M$ = 0.35, $SD$ = 0.61). Bezüglich der grau markierten Items zeigt sich in dieser Wright Map ein anderes Bild als beim *Fachwissen*. Hier sind die für das erste Lernjahr im Fach Chemie konstruierten Items nicht schwieriger als alle anderen Items, sondern sie verteilen sich im mittleren bis oberen Schwierigkeitsbereich zwischen den anderen Items. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass sich die Kompetenzformulierungen für den Sachunterricht und den Chemieunterricht im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* weniger voneinander unterscheiden und deshalb wie bereits in Kapitel 4.1.2 beschrieben ähnliche Items konstruiert wurden, die beispielsweise durch den Einbezug mehrerer Entscheidungskriterien oder zu berücksichtigender Faktoren komplexer gestaltet wurden, wenn sie für das erste Lernjahr Chemie konstruiert wurden. Bei genauerer Betrachtung dieser jeweils zusammengehörigen Items fällt auf, dass in den meisten Fällen das komplexer konstruierte Item in der Wright Map weiter oben liegt und folglich eine höhere Itemschwierigkeit aufweist. Für diese Items wird aus diesem Grund keine Veränderung der Zuordnung dieser zum Sachunterricht oder zum ersten Lernjahr Chemie vorgenommen, da alle angesprochenen Kompetenzen in allen Jahrgangsstufen in unterschiedlicher Komplexität auftauchen sollen, auch wenn einzelne Kompetenzen unabhängig von der Komplexität generell häufiger verfügbar zu sein scheinen als andere. Bei insgesamt drei der zusammengehörigen Itempaare lässt sich jedoch auch feststellen, dass das komplexer konstruierte Item eine niedrigere Itemschwierigkeit aufweist als das weniger komplex konstruierte. Dies betrifft die Itempaare EK53/EK72, KO51/KO72 und BE54/BE71. Da alle drei Paare aus unterschiedlichen Kompetenzbereichen stammen, scheint die Ursache dieser erwartungswidrigen Beobachtung nicht in systematischen Konstruktionsfehlern eines Kompetenzbereichs zu liegen. Bei genauerer Betrachtung dieser drei Itempaare fällt jedoch eine andere Gemeinsamkeit auf. Die drei Items, die bezogen auf die zugrundeliegende Kompetenz weniger komplex konstruiert wurden, weisen entweder einen höheren oder einen weniger strukturierten Anteil an zu lesenden Textelementen auf. Folglich könnte die höhere Schwierigkeit dieser Items auch aus einem höheren Anspruch an die Lesekompetenz der Schülerinnen und Schüler resultieren. Diesen Zusammenhang zwischen den Items zu den *prozessbezogenen*

*Kompetenzen* und dem *Leseverständnis* gilt es in der Hauptstudie mithilfe des dort eingesetzten LGVT zu überprüfen und gegebenenfalls bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen. Die ursprünglich als schwieriger angenommenen Items werden aufgrund ihrer aus fachlicher Sicht höheren Komplexität wie ursprünglich vorgesehen erst ab Beginn des ersten Lernjahres Chemie zur Kompetenzmessung eingesetzt.

Bei Betrachtung beider Wright Maps in Abbildung 7 fällt zusätzlich auf, dass wie gewünscht viele Items im mittleren und einige im unteren Schwierigkeitsbereich liegen, während im oberen Schwierigkeitsbereich kaum oder gar keine Items zu finden sind. Dadurch entsteht der Eindruck, dass sowohl der Test zum *Fachwissen* als auch der Test zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* schlecht zwischen Personen mit sehr hoher Fähigkeit differenzieren können, weil es für diesen Bereich kaum passende Items gibt. Bei Betrachtung der verschiedenen Thresholds in den erweiterten Wright Maps in Abbildung 8 zeigt sich jedoch, dass dies nur auf die gemittelten Itemschwierigkeiten zutrifft. Über die unterschiedlichen zu erreichenden Punktzahlen kann allerdings auch zwischen Personen mit hoher Fähigkeit differenziert werden. Dies zeigt sich an den im Vergleich zu den Personenfähigkeiten hohen Itemschwierigkeiten für die höchsten erreichten Punktzahlen. So gibt es für die meisten Items nur wenige Schülerinnen und Schüler, die die Punktzahl 6 erreichen, wodurch sich ihre besonders hohe Fähigkeit zeigt. Die verschiedenen Punktzahlen jedes Items tragen hier also dazu bei, dass der Test besser zwischen Personen mit unterschiedlichen Fähigkeiten differenziert.

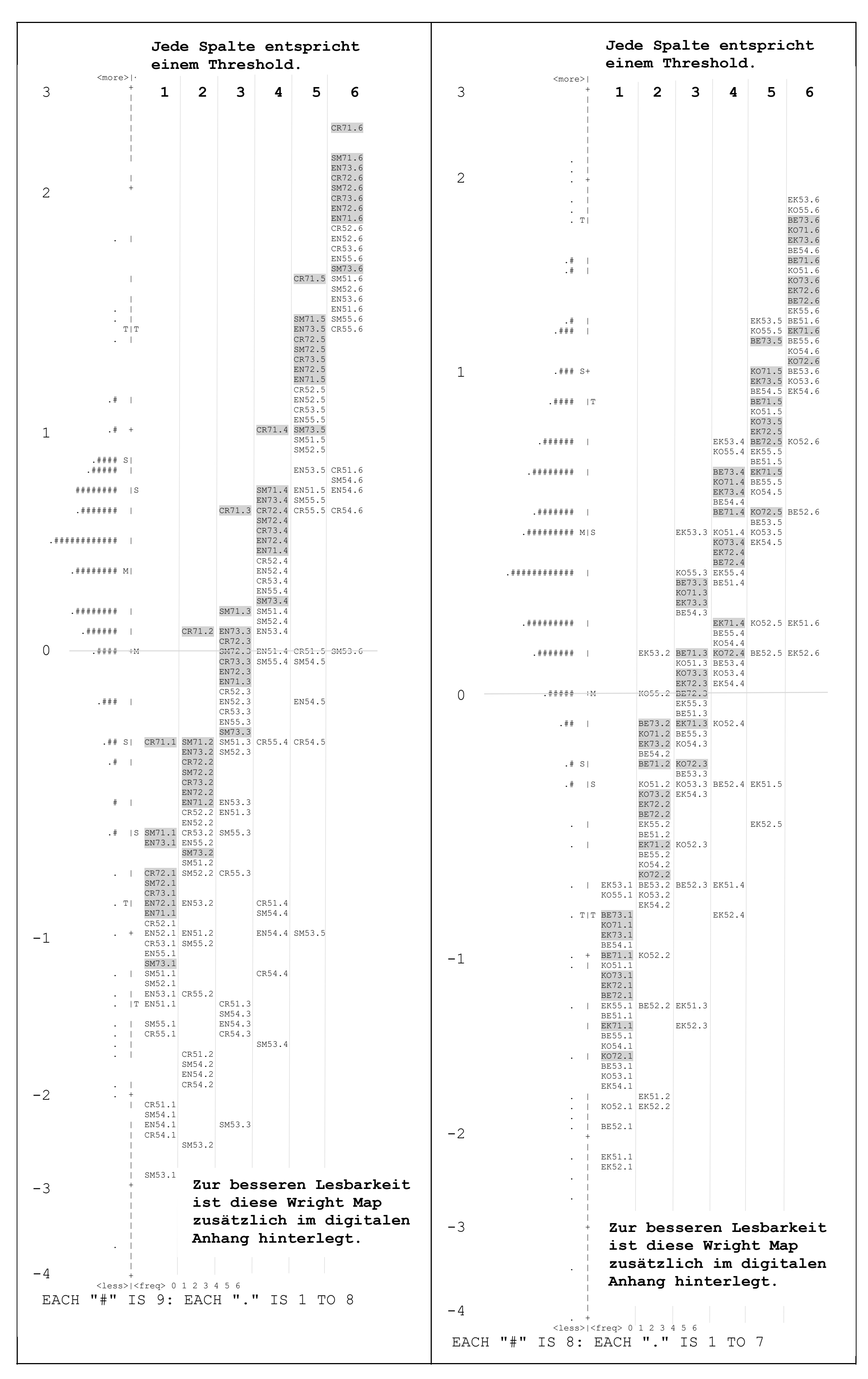



*Abbildung 8: Wright Maps mit Thresholds Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) – Pilotstudie*

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sowohl mithilfe des Tests zum *Fachwissen* als auch des Tests zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* die bei den Lernenden verfügbaren chemiebezogenen Kompetenzen während und nach der Übergangsphase zufriedenstellend abgebildet werden können. Dennoch wurde für die Hauptstudie eine Verbesserung der Personenreliabilitäten sowie einzelner Fitwerte und eine bessere Differenzierbarkeit der Personenfähigkeiten angestrebt.

## 5.4 Konsequenzen für die Hauptstudie

Aus den Ergebnissen der Pilotstudie ergeben sich Konsequenzen für die Überarbeitung des Testinstruments für die Hauptstudie. Es wiesen zwar nahezu alle Items für sich betrachtet eine hohe Modellpassung auf, jedoch wäre insgesamt über alle Items hinweg eine noch bessere Differenzierbarkeit zwischen den Personenfähigkeiten wünschenswert. Daraus wurde geschlossen, dass nicht die Überarbeitung einzelner Items, sondern die Überarbeitung des Formats der Aufgaben im Allgemeinen zu einer Steigerung der Qualität des Testinstruments führen kann. Das in der Pilotstudie verwendete Aufgabenformat war darauf ausgelegt, dass die Lernenden zu jeder Antwortmöglichkeit eine bewusste Entscheidung treffen, ob diese Antwortmöglichkeit richtig oder falsch ist oder ob sie hierzu keine Äußerung tätigen können. Letzteres sollten sie kennzeichnen, indem sie diese Antwortmöglichkeit nicht markieren. Bei genauerer Betrachtung der ausgefüllten Testhefte fiel auf, dass viele Schülerinnen und Schüler von dieser Möglichkeit nicht oder nur selten Gebrauch machten. Möglicherweise tendieren viele Lernende bei einem Aufgabenformat, bei dem auch für falsche Antwortmöglichkeiten ein Kreuz gesetzt wird, dazu, bei Unsicherheit eher zu raten als die Antwortmöglichkeit bewusst nicht zu markieren. Aus dieser Überlegung heraus wurde das Aufgabenformat für die Hauptstudie um eine weitere Spalte ergänzt, in welcher die Schülerinnen und Schüler ankreuzen konnten, dass sie nicht wissen, ob eine Antwortmöglichkeit richtig oder falsch ist. Dadurch sollte erreicht werden, dass es für die Schülerinnen und Schüler legitimer erscheint, eine Antwortmöglichkeit nicht einordnen zu können. Sofern diese Ergänzung des Antwortformats von den Schülerinnen und Schülern akzeptiert wird, kann dadurch möglicherweise eine noch bessere Unterscheidung zwischen Schülerinnen und Schülern erreicht werden, die die Antwortmöglichkeit als richtig oder falsch einstufen können, und solchen, die dazu nicht in der Lage sind. Dadurch sollte in Konsequenz auch eine höhere Personenreliabilität und eine Verbesserung der Fitwerte erreicht werden.

Neben dieser allgemeinen Abwandlung des Aufgabenformats zur Verbesserung der statistischen Kennwerte wurden in einzelnen Items auch kleine Korrekturen vorgenommen, die sich aus von den Testleiterinnen und Testleitern notierten Rückfragen der Schülerinnen und Schüler während der Testsituation ergaben. So wurden beispielsweise einzelne Antwortalternativen präziser formuliert, die häufiger auf dieselbe Weise fehlinterpretiert wurden und Tabellen im Aufgabenstamm wurden genau wie der gesamte Aufgabenstamm grau eingefärbt, um nicht den Eindruck zu erwecken, dass es sich um die für jedes Item charakteristische Tabelle zum Ankreuzen der Antworten handelt. Alle anderen Items der Pilotstudie wurden für die Hauptstudie unverändert übernommen und auch auf die gleiche Weise wie zuvor entweder allen Schülerinnen und Schülern oder nur denjenigen, die bereits Chemieunterricht erhalten, zugeordnet.

Das auf diese Weise überarbeitete Testinstrument wurde im Anschluss im Rahmen der Hauptstudie zur Messung der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler eingesetzt.

# 6. Hauptstudie: Chemiebezogene Kompetenzen zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase

Im Sinne des Ziels der Arbeit, die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Zeitpunkten während der Übergangsphase und im ersten Lernjahr des Chemieunterrichts zu beschreiben, wurden im Rahmen der Hauptstudie zunächst zwei Zeitpunkte innerhalb der Übergangsphase in den Blick genommen. Dabei handelt es sich um das Ende der Grundschulzeit (FF1) und den Beginn des Chemieunterrichts (FF2).

## 6.1 Studiendesign

Die Hauptstudie wurde kurz nach den Sommerferien 2019 durchgeführt. Um dabei im Sinne der Forschungsfragen sowohl den Beginn als auch das Ende der Übergangsphase abzudecken, wurden die Daten direkt nach dem Ende der Grundschulzeit in der Jahrgangsstufe 5 und unmittelbar vor Beginn des Chemieunterrichts, also je nach Schule entweder zu Beginn der Jahrgangsstufe 7 oder der Jahrgangsstufe 8, erhoben.

Dabei wurden zum einen der überarbeitete Kompetenztest zur Messung der chemiebezogenen Kompetenzen und zum anderen der KFT, der LGVT und der Fragebogen zum Fachinteresse als Kontrollvariablen eingesetzt. Die Testhefte des Kompetenztests umfassten wie bereits in der Pilotstudie auch hier jeweils 20 Items in der Jahrgangsstufe 5 und 32 Items in der Jahrgangsstufe 7/8 und die verschiedenen Testheftversionen waren durch ein Incomplete-Block-Design miteinander verknüpft. Im Gegensatz zur Pilotstudie existierten in der Hauptstudie sechs statt drei Testheftversionen. Jeweils zwei dieser Testheftversionen setzten sich dabei aus denselben Items zusammen, diese wurden innerhalb eines Itemblocks jedoch in umgekehrter Reihenfolge präsentiert. Dadurch sollte verhindert werden, dass immer dieselben am Ende eines Itemblocks befindlichen Items aus Zeitgründen nicht mehr bearbeitet werden. Der KFT und der Fragebogen zum Fachinteresse waren an die jeweilige Jahrgangsstufe und die dort unterrichteten Fächer angepasst. Der LGVT war in allen Jahrgangsstufen identisch. Wie bereits in der Pilotstudie wurden die Testungen auch hier zur Sicherstellung der Durchführungs- und Auswertungsobjektivität von geschulten Testleiterinnen und Testleitern in einem vorgegebenen Zeitfenster von nun insgesamt 90 Minuten inklusive Instruktion durchgeführt und die Daten anschließend mithilfe des Kodiermanuals (vgl. Kapitel V im Anhang) in das Statistikprogramm IBM SPSS Statistics 27® eingegeben. Die Kodierung der Daten des Kompetenztests erfolgte dabei analog zur Pilotstudie. Der KFT und der LGVT wurden entsprechend der zugehörigen Testmanuale ausgewertet und die Werte ebenfalls in IBM SPSS Statistics 27® übertragen. Die Items des Interessefragebogens wurden entsprechend der Likert-Skala mit steigendem Interesse aufsteigend mit den Werten 1 bis 4 kodiert.

## 6.2 Stichprobe und Skalierung

Die Stichprobe der Hauptstudie umfasste insgesamt 888 Schülerinnen und Schüler aus sechs Gesamtschulen des Landes Nordrhein-Westfalen. Tabelle 8 gibt einen Überblick über die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die verschiedenen Jahrgangsstufen. Dabei werden die Jahrgangsstufen 7 und 8 zusammengefasst, weil diese jeweils

das Ende der Übergangsphase repräsentieren und damit als eine zu betrachtende Gruppe gelten.

*Tabelle 8: Stichprobe – Hauptstudie*

| Jahrgangsstufe | 5 | 7/8 |
|---|---|---|
| $n_{gesamt}$ | 464 | 424 |
| $n_{weiblich}$ | 211 | 198 |
| $n_{männlich}$ | 250 | 225 |
| $n_{ohne\ Angabe}$ | 3 | 1 |

Wie bereits in der Pilotstudie existieren auch hier verschiedene Möglichkeiten der Skalierung der erhobenen Daten im Rating-Scale-Modell. Für die Beurteilung der Qualität des Messinstruments werden die erhobenen Daten hier zum einen in je einem Gesamtmodell für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* skaliert und zum anderen jeweils separat für jede der beiden Jahrgangsstufen. Dadurch lässt sich die Qualität des Testinstruments insgesamt, aber auch spezifisch für jede Jahrgangsstufe beurteilen. Die Stichprobengrößen der einzelnen Jahrgangsstufen sind hier im Gegensatz zur Pilotstudie deutlich größer. Deshalb ist davon auszugehen, dass jedes Item in beiden relevanten Jahrgangsstufen wie vorgesehen von mindestens 100 Probandinnen und Probanden bearbeitet wurde und die geschätzten Parameter im Gegensatz zur Pilotstudie nicht mit besonderer Vorsicht interpretiert werden müssen. Für einen späteren Vergleich der geschätzten Personenfähigkeiten beider Jahrgangsstufen müssen diese auf einer gemeinsamen Skala abgebildet werden. Um dies zu erreichen, existieren – wie im Kapitel zur Pilotstudie bereits beschrieben – verschiedene Möglichkeiten. Es wäre beispielsweise eine Fixierung aller oder zumindest der meisten Itemschwierigkeiten einer Jahrgangsstufe für die andere Jahrgangsstufe denkbar. Alternativ können auch die im Gesamtmodell über beide Jahrgangsstufen geschätzten Personenfähigkeiten miteinander verglichen werden. Für die vorliegende Arbeit wird diese letzte beschriebene Möglichkeit der gemeinsamen Skalierung beider Jahrgangsstufen in einem Rating-Scale-Modell gewählt, um die Personenfähigkeiten auf Basis einer möglichst großen Stichprobe zu schätzen.

### 6.3 Ergebnisse und Interpretation

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Hauptstudie vorgestellt. Dazu wird zunächst die Qualität des nach der Pilotstudie überarbeiteten Kompetenztests untersucht. Im Anschluss daran wird die Vergleichbarkeit der beiden Kohorten anhand der Kontrollvariablen überprüft, um zuletzt die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase in den Blick zu nehmen und diese schließlich miteinander zu vergleichen.

#### 6.3.1 Qualität des Messinstruments

Um die Qualität des überarbeiteten Kompetenztests zu überprüfen, wurden mithilfe des Rating-Scale-Modells wie bereits im Rahmen der Pilotstudie auch hier die verschiedenen statistischen Kennwerte getrennt für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* geschätzt und beurteilt. Dabei wurden die Parameter wie oben beschrieben sowohl in einem Gesamtmodell über beide Jahrgangsstufen geschätzt als auch se-

parat für jede der beiden Jahrgangsstufen, um die Qualität des überarbeiteten Messinstruments auch für jede Jahrgangsstufe einzeln einschätzen zu können. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die geschätzten Kennwerte sowohl für die Gesamtstichprobe als auch separat für beide Jahrgangsstufen.

*Tabelle 9: Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen des Kompetenztests – Hauptstudie*

| | | **Gesamt** | **Jgst. 5** | **Jgst. 7/8** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | Personenreliabilität | .74 | .70 | .79 |
| | Itemreliabilität | 1.00 | .99 | 1.00 |
| | Infit | *M* = 1.06<br>*SD* = 0.24<br>*Min*: 0.69<br>*Max*: 1.50 | *M* = 1.03<br>*SD* = 0.18<br>*Min*: 0.80<br>*Max*: 1.40 | *M* = 1.05<br>*SD* = 0.26<br>*Min*: 0.63<br>*Max*: 1.69 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.67<br>*Max*: 1.41 | *Min*: 0.58<br>*Max*: 1.20 | *Min*: 0.58<br>*Max*: 1.48 |
| **Prozess-bezogene Kompetenzen** | Personenreliabilität | .81 | .77 | .86 |
| | Itemreliabilität | .99 | .99 | .99 |
| | Infit | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.23<br>*Min*: 0.67<br>*Max*: 1.60 | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.23<br>*Min*: 0.62<br>*Max*: 1.45 | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.24<br>*Min*: 0.72<br>*Max*: 1.52 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.30<br>*Max*: 1.31 | *Min*: 0.57<br>*Max*: 1.29 | *Min*: 0.19<br>*Max*: 1.31 |

Es zeigen sich für die Gesamtstichprobe zufriedenstellende Personenreliabilitäten, die im Vergleich zur Pilotstudie nur minimal angestiegen sind. Auch die Itemreliabilitäten sind vergleichbar mit denen der Pilotstudie und nehmen sehr hohe Werte an. Für die beiden Jahrgangsstufen einzeln betrachtet können ebenfalls nahezu alle Reliabilitäten als zufriedenstellend beschrieben werden. Lediglich die Personenreliabilität im Bereich *Fachwissen* liegt zu Beginn der fünften Jahrgangsstufe etwas niedriger als vorgesehen. Gleiches konnte bereits in der Pilotstudie für das Ende der Jahrgangsstufe 4 festgestellt werden und wurde dort auf die geringere Stichprobengröße zurückgeführt. Dass sich nun jedoch in der Hauptstudie mit einer deutlich größeren Stichprobe eine ähnliche Personenreliabilität zeigt, ist ein möglicher Hinweis darauf, dass der Test zum *Fachwissen* für die Schülerinnen und Schüler zu Beginn der Übergangsphase weniger gut geeignet ist als für ältere Schülerinnen und Schüler.

Für die folgende Analyse auffälliger Fitwerte, die gegebenenfalls mit den zugehörigen Itemschwierigkeiten in Beziehung gesetzt werden, werden in Abbildung 9 die Wright Maps zum *Fachwissen* und zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* bezogen auf die Gesamtstichprobe gezeigt. Die Wright Maps für die einzelnen Jahrgangsstufen befinden sich im Anhang (Abbildung 43 und 44) und werden hier nicht separat analysiert, da sich diese nicht wesentlich von den Wright Maps für die Gesamtstichprobe unterscheiden. Da es im Folgenden nur um die Lage der einzelnen Items insgesamt geht und nicht um die jeweiligen Antwortkategorien, wird an dieser Stelle auf zusätzliche Wright Maps mit den einzelnen Thresholds verzichtet.

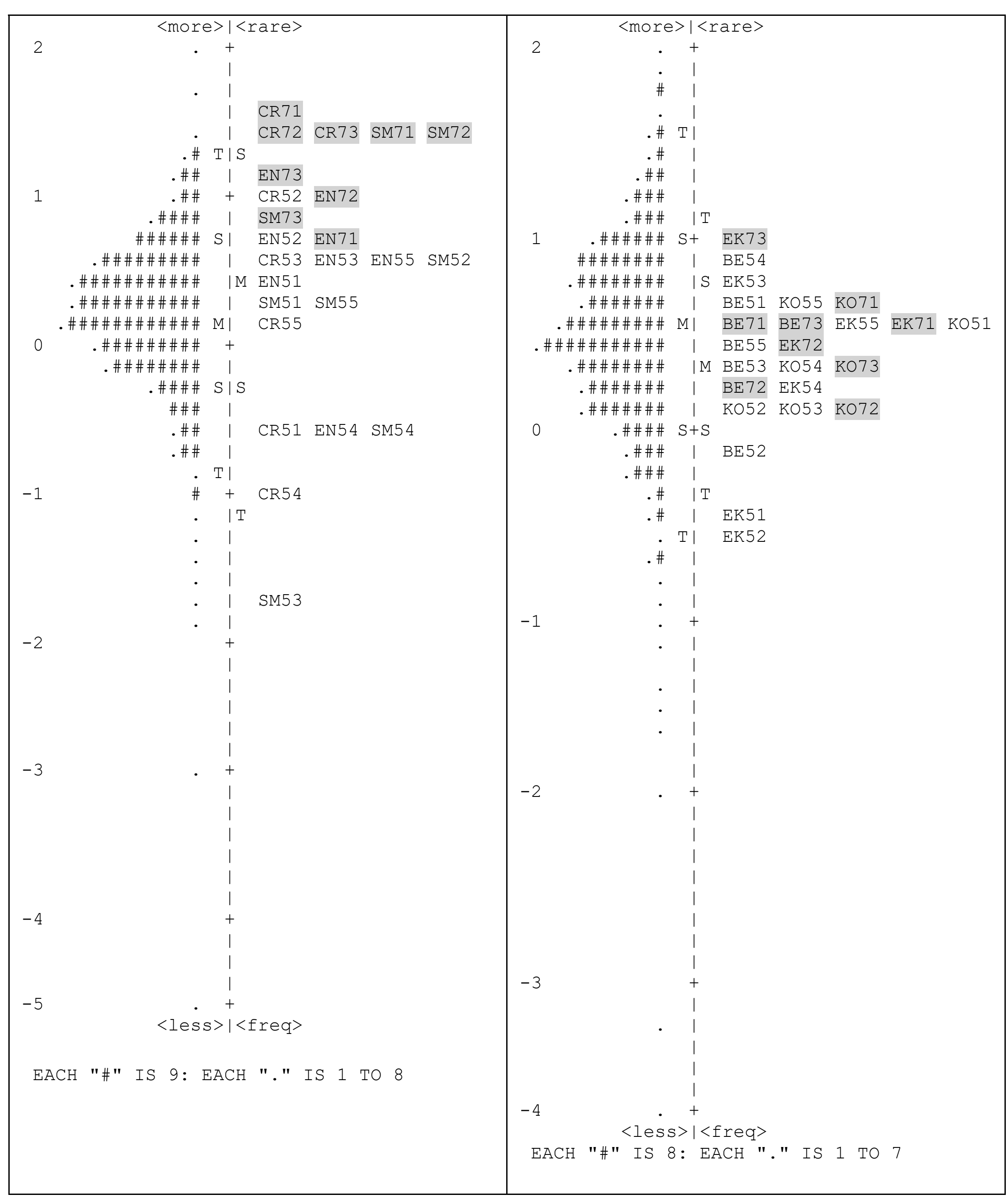



*Abbildung 9: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) – Hauptstudie*

Abbildung 9 zeigt, dass die Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils in einem ähnlichen Wertebereich liegen. Dies bestätigen auch die Mittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen beider Parameter sowohl für das *Fachwissen* (Itemschwierigkeiten: *M* = 0.00, *SD* = 0.81; Personenfähigkeiten: *M* = -0.29, *SD* = 0.55) als auch für die die *prozessbezogenen Kompetenzen* (Itemschwierigkeiten: *M* = 0.00, *SD* = 0.39; Personenfähigkeiten: *M* = 0.10, *SD* = 0.63). Dabei ist die Lage der verschiedenen Itemschwierigkeiten ähnlich wie in der Pilotstudie. Auch hier liegen die Items, die erst mit Beginn des ersten Lernjahres Chemie eingesetzt wurden, im *Fachwissen* im oberen Schwierigkeitsbereich, während sie sich in den *prozessbezogenen Kompetenzen* wie schon in der Pilotstudie zwischen den Itemschwierigkeiten der anderen Items verteilen. Die in Ta-

belle 9 dargestellten Infitwerte und Trennschärfen der einzelnen Items liegen im Gesamtmodell nahezu alle im akzeptablen Bereich. Bei separater Betrachtung der Jahrgangsstufen werden jedoch einige Items auffällig. In der Jahrgangsstufe 5 liegen zwar alle Infitwerte wie vorgesehen zwischen 0.5 und 1.5 und alle Trennschärfen wie vorgesehen über 0.25. In der Jahrgangsstufe 7/8 liegt aber das Item EK53 aus dem Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* mit einer Trennschärfe von 0.19 unter dem vorgesehenen Wert. Dies könnte damit zusammenhängen, dass es sich um eines der drei schwierigsten Items handelt, denn die Trennschärfe eines Items hängt von seiner Schwierigkeit ab. Bei besonders schwierigen oder besonders einfachen Items wie in diesem Fall dem Item EK53 ist mit geringeren Trennschärfen zu rechnen als bei Items mit mittlerer Schwierigkeit (Döring & Bortz, 2016). Außerdem existieren für diese Jahrgangsstufe drei Items, deren Infitwerte knapp über 1.5 liegen. Dabei handelt es sich um die folgenden drei Items:

- SM53 (Infitwert: 1.69, zugehöriger t-Wert: 5.00)
- CR51 (Infitwert: 1.58, zugehöriger t-Wert: 5.48)
- EK72 (Infitwert: 1.52, zugehöriger t-Wert: 5.75)

Da das Item EK53 mit der zu geringen Trennschärfe und die Items SM53 und CR51 mit den erhöhten Infitwerten ausschließlich für die Jahrgangsstufe 7/8 Auffälligkeiten zeigen und bezogen auf die Gesamtstichprobe akzeptable Trennschärfen und Infitwerte aufweisen, werden diese nicht aus dem Modell ausgeschlossen. Das Item EK72 mit einem ebenfalls erhöhten Infitwert zeigt jedoch auch bezogen auf die Gesamtstichprobe einen etwas zu hohen Infitwert von 1.60 mit einem zugehörigen t-Wert von 6.52. Auch der Outfitwert von 1.65 mit einem zugehörigen t-Wert von 6.32 liegt außerhalb der vorgesehen Grenzen. Die Trennschärfe liegt hier jedoch mit 0.30 im vorgesehenen Bereich. Bei diesem Item handelt es sich um ein Item, das Kompetenzen des ersten Lernjahres Chemie abbildet. Dass dieses Item nicht optimal ins Modell passt, könnte darauf zurückzuführen sein, dass es sich bei der gesamten Stichprobe um Schülerinnen und Schüler handelt, die zuvor noch nicht am Chemieunterricht teilnahmen. Da der geschätzte Infitwert des Items keinen höheren Wert als 2.00 annimmt, beeinflusst er die Messung laut Linacre (2020) auch nicht negativ, weshalb das Item ebenfalls nicht aus der Messung ausgeschlossen wird.

Zusätzlich zur Betrachtung der im Rating-Scale-Modell ermittelten statistischen Kennwerte wurde die Validität des Messinstruments auch dadurch überprüft, dass Korrelationen zwischen den Ergebnissen des Kompetenztestes und den Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten* und *Leseverständnis* bestimmt wurden. Dabei wurden die im Gesamtmodell über beide Jahrgangsstufen geschätzten Personenfähigkeiten genutzt und zunächst Korrelationen mit dem KFT berechnet. Der KFT wurde hierfür nicht wie im Manual vorgesehen ausgewertet, sondern es wurden Personenfähigkeiten mithilfe des Rasch-Modells geschätzt. Die Begründung dafür liegt in der Normierung des KFT für die verschiedenen Jahrgangsstufen. Die laut KFT-Manual ermittelten Rohwerte basieren je nach Jahrgangsstufe auf unterschiedlichen Items, sind aber dennoch identisch skaliert. Eine Person, die in Jahrgangsstufe 5 die Hälfte aller Items richtig beantwortet, erhält also beispielsweise dieselbe Punktzahl wie eine Person, die in Jahrgangsstufe 7 die Hälfte aller Items richtig beantwortet, obwohl die Items für die Jahrgangsstufe 7 höhere kogni-

tive Fähigkeiten erfordern. Durch eine Rasch-Skalierung der KFT-Items über alle Jahrgangsstufen hinweg wird eine Schätzung der Personenfähigkeiten auf Grundlage der unterschiedlichen bearbeiteten Items vorgenommen, sodass für Personen, die schwierigere Items richtig beantworten, auch eine höhere Personenfähigkeit vorliegt. Die im Rasch-Modell geschätzten Personenfähigkeiten des KFT können dann genutzt werden, um Korrelationen mit den im Rating-Scale-Modell geschätzten Personenfähigkeiten des Kompetenztests zu bestimmen. Die für den KFT geschätzten Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen sind alle zufriedenstellend und können Tabelle 37 im Anhang entnommen werden. Des Weiteren wurden auch Korrelationen mit dem LGVT berechnet. Dieser lässt sich aufgrund des Testformats nicht mithilfe eines IRT-Modells in Personenfähigkeiten übertragen, da die einzelnen im Text zu bearbeitenden Items nicht nur als richtig oder falsch gewertet werden, sondern auch in Beziehung zu der insgesamt gelesenen Textmenge gesetzt werden. Da beim LGVT jedoch alle Schülerinnen und Schüler unabhängig von ihrer Jahrgangsstufe dasselbe Testheft erhielten, geben die mithilfe des LGVT-Manuals ermittelten Rohwerte hier auch eine Auskunft über die Ausprägung des Leseverständnisses einer Person unabhängig von der Jahrgangsstufe. Es konnten hier also direkt Korrelationen zwischen diesen ermittelten Rohwerten für das Leseverständnis und den geschätzten Personenfähigkeiten des Kompetenztests berechnet werden. Es ergaben sich die in Tabelle 10 dargestellten Korrelationen.

*Tabelle 10: Korrelationen zwischen den Personenfähigkeiten des Kompetenztests und den Kontrollvariablen kognitive Fähigkeiten und Leseverständnis – Hauptstudie*

| | **Kognitive Fähigkeiten** | | **Leseverständnis** | |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n = 870$ | $r = .119$, $p < .001$ | $n = 866$ | $r = .216$, $p < .001$ |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n = 867$ | $r = .225$, $p < .001$ | $n = 863$ | $r = .379$, $p < .001$ |

Die Korrelationskoeffizienten zeigen für die Variablen *Fachwissen* und *kognitive Fähigkeiten* eine sehr geringe Korrelation und für die anderen Variablen jeweils schwache Korrelationen. Es kann folglich davon ausgegangen werden, dass der Kompetenztest und die Tests zu den Kontrollvariablen wie beabsichtigt nicht dasselbe Merkmal erfassen. Obwohl die berechneten Korrelationen gering ausfallen, sind diese statistisch signifikant. Dies spricht dafür, die *kognitiven Fähigkeiten* und das *Leseverständnis* im späteren Vergleich der chemiebezogenen Kompetenzen zwischen den Jahrgangsstufen bei Bedarf als Kovariaten mit in eine ANCOVA einzubeziehen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass das Testinstrument auch im Rahmen der Hauptstudie die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zufriedenstellend abbildet. Im Vergleich zur Pilotstudie konnte trotz des abgewandelten Itemformats keine Verbesserung der Qualität des Messinstruments erreicht werden. Da auch keine Verschlechterung festzustellen ist, scheint die Veränderung des Itemformats keinen Einfluss auf die Qualität des Testinstruments zu haben.

### 6.3.2 Vergleichbarkeit der Kohorten

Nachdem die Qualität des Messinstruments sichergestellt wurde, wird im Folgenden überprüft, inwiefern es sich bei den Schülerinnen und Schülern aus den Jahrgangsstufen 5 und 7/8 um Kohorten mit ähnlich ausgeprägten Merkmalen handelt, deren gemessene Kompetenzen sich direkt gegenüberstellen lassen. Zu diesem Zweck werden die beiden Gruppen bezogen auf die erhobenen Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten* und *Leseverständnis* miteinander verglichen, da diese potenziell einen Einfluss auf die gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen haben. Das *Fachinteresse* wird an dieser Stelle noch nicht betrachtet, da in beiden Teilstichproben das Interesse an unterschiedlichen Fächern erhoben wurde und mögliche Unterschiede dabei keine Rückschlüsse auf die Vergleichbarkeit der Kohorten zulassen. Das *Fachinteresse* wird erst in einem späteren Teil der Arbeit untersucht.

Im vorherigen Kapitel wurde beschrieben, dass für den KFT Personenfähigkeiten mithilfe des Rasch-Modells für beide Jahrgangsstufen gemeinsam geschätzt wurden. Bei diesen in einem gemeinsamen Modell skalierten Personenfähigkeiten ist jedoch zu erwarten, dass sie in der Jahrgangsstufe 7/8 höher ausfallen als in der Jahrgangsstufe 5. Um zu überprüfen, inwiefern beide Teilstichproben unter Berücksichtigung ihres Alters ähnliche *kognitive Fähigkeiten* aufweisen, werden deshalb die wie im KFT-Manual vorgesehen ermittelten Summenscores miteinander verglichen. Diese sind aufgrund der an die Jahrgangsstufe angepassten, aber sich überlappenden Items direkt miteinander vergleichbar. Unterscheiden sich hier also die Mittelwerte beider Jahrgangsstufen nicht signifikant voneinander, kann davon ausgegangen werden, dass die kognitiven Fähigkeiten beider Kohorten bezogen auf ihr Alter gleichermaßen gut ausgeprägt sind. Dies wurde mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben überprüft. Der KFT wurde insgesamt von 463 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 und von 424 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 bearbeitet. Da die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt wurde ($p < .001$), wurden die Freiheitsgrade korrigiert. Dabei zeigte sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 5 mit durchschnittlich 10.31 erreichten Punkten höchstsignifikant von den Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 mit durchschnittlich 7.92 erreichten Punkten unterscheiden ($t(824.93) = 6.61$, $p < .001$, $d = .448$). Für dieses eher ungewöhnliche Ergebnis könnten verschiedene Gründe vorliegen. Beispielweise könnte eine unterschiedliche Verteilung der Schülerinnen und Schüler beider Kohorten auf die verschiedenen Einzugsgebiete der Schulen die unterschiedliche Ausprägung der kognitiven Fähigkeiten von zwei Kohorten erklären. Für die vorliegende Stichprobe kann dieser Einflussfaktor jedoch ausgeschlossen werden, da die Anzahl der teilnehmenden Klassen einer Schule in beiden beteiligten Jahrgangsstufen nahezu immer identisch ist. Lediglich in einer Schule nahm in der Jahrgangsstufe 5 eine Klasse mehr teil als in der Jahrgangsstufe 7/8, was bezogen auf die Gesamtstichprobe jedoch nur einen sehr geringen Anteil an Schülerinnen und Schülern ausmacht. Ein weiterer Grund für die gemessenen Unterschiede könnten die unterschiedlichen Items des KFT in den verschiedenen Jahrgangsstufen sein. Dieser ist zwar an die Jahrgangsstufe angepasst und sollte daher auf Basis der für die jeweilige Jahrgangsstufe vorgesehenen Items miteinander vergleichbar sein, aber es ist dennoch nicht auszuschließen, dass es beim Vergleich der hier beteiligten Jahrgangsstufen zu Verzerrungen der Ergebnisse kommt. Um dies zu überprüfen, wurden zusätzlich zu den Rohwerten auch die separat für die Jahrgangsstufen normierten t-Werte des KFT mithilfe

eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Auch hier wurde die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt ($p < .001$), sodass die Freiheitsgrade korrigiert wurden. Dabei zeigte sich, dass sich die Lernenden aus der Jahrgangsstufe 5 mit einem durchschnittlichen t-Wert von 47.46 höchstsignifikant von den Lernenden der Jahrgangsstufe 7/8 mit einem durchschnittlichen t-Wert von 40.92 unterscheiden ($t(760.81) = 9.52$, $p < .001$, $d = .649$). Auf die unterschiedlichen Items des KFT lassen sich die gemessenen Unterschiede scheinbar also nicht zurückführen, da sich die Unterschiede sowohl in den Rohwerten als auch in den für die Jahrgangsstufen normierten t-Werten gleichermaßen zeigen. Denkbar wäre auch, dass sich die Gewissenhaftigkeit der Bearbeitung der Tests auf die Ergebnisse ausgewirkt haben könnte. Möglicherweise bearbeiteten die Lernenden der Jahrgangsstufe 5 die Testhefte sorgfältiger als die Lernenden der Jahrgangsstufe 7/8 und erreichten dadurch auch bessere Ergebnisse. Da dieser Aspekt jedoch zum einen anhand der Daten nicht überprüft werden kann und zum anderen dieser Effekt genau wie eine tatsächlich unterschiedlich starke Ausprägung der kognitiven Fähigkeiten Auswirkungen auf die Ergebnisse des Kompetenztests haben könnte, wird die Kontrollvariable *kognitive Fähigkeiten* als Kovariable in die Vergleiche des Kompetenztests zwischen den Jahrgangsstufen einbezogen.

Im Gegensatz zum KFT bearbeiteten beim LGVT alle Schülerinnen und Schüler unabhängig von der Jahrgangsstufe den gleichen Text. Dabei ist zu erwarten, dass die Schülerinnen und Schüler der höheren Jahrgangsstufen höhere Rohwerte erreichen. Mithilfe dieser ermittelten Rohwerte für das *Leseverständnis* lässt sich folglich nicht überprüfen, inwiefern die beiden Jahrgangsstufen ihrem Alter entsprechend ein ähnlich ausgeprägtes Leseverständnis aufweisen. Deshalb werden hier die zugehörigen Prozentränge miteinander verglichen, welche die im Test erreichte Leistung in Bezug zur zugehörigen Jahrgangsstufe – durch einen entsprechenden Korrekturfaktor sogar auf den Monat genau – setzen (Schneider et al., 2017). Auch für diese Prozentränge wird ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, um die Werte der beiden Kohorten miteinander zu vergleichen. Der LGVT wurde insgesamt von 460 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 und von 423 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 bearbeitet. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität wurde erfüllt ($p = .080$). Im t-Test zeigte sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 5 mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 19.65 nicht signifikant von den Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 22.21 unterscheiden ($t(881) = 1.70$, $p = .090$, $d = 0.114$). Das Leseverständnis ist folglich in beiden Gruppen ähnlich ausgeprägt, sodass diese Kontrollvariable nicht in die Analysen des Kompetenztests einbezogen werden muss.

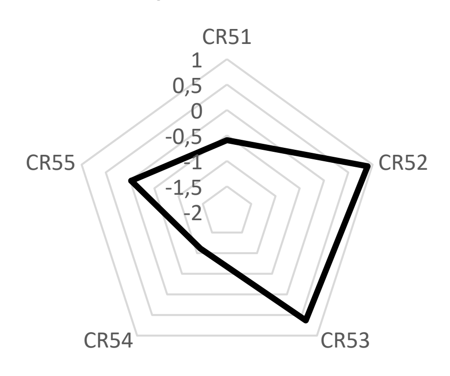
Zusammenfassend ist festzuhalten, dass sich die beiden Kohorten im *Leseverständnis* nicht voneinander unterscheiden, bezogen auf die *kognitiven Fähigkeiten* aber ein signifikanter Unterschied zu verzeichnen ist. Dies muss beim späteren Vergleich der Ergebnisse beider Teilstichproben berücksichtigt werden, da sich die unterschiedlichen *kognitiven Fähigkeiten* auf die Bearbeitung der Aufgaben des Kompetenztests ausgewirkt haben könnten.

### 6.3.3 Kompetenzen zu Beginn der Übergangsphase

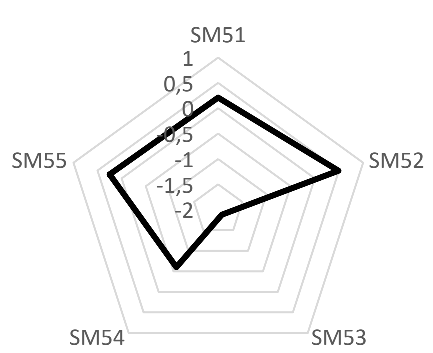
Um die Kompetenzen der Lernenden zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 zu analysieren, wird zunächst das separat für diese Jahrgangsstufe geschätzte Rating-Scale-Modell

herangezogen. So können die spezifischen Kompetenzausprägungen dieser Jahrgangsstufe sichtbar gemacht werden. Dazu werden die geschätzten Itemschwierigkeiten der grundschulrelevanten Items zueinander in Beziehung gesetzt. Abbildung 10 stellt diese für jedes Basiskonzept des Kompetenzbereichs *Fachwissen* und jeden Kompetenzbereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* in Netzdiagrammen dar. Bei der Interpretation der Ergebnisse zum Kompetenzbereich *Kommunikation* ist im Folgenden immer zu berücksichtigen, dass wie im Kapitel zur Testentwicklung beschrieben nicht alle der diesem Kompetenzbereich zuzuordnenden Kompetenzen erhoben werden konnten.

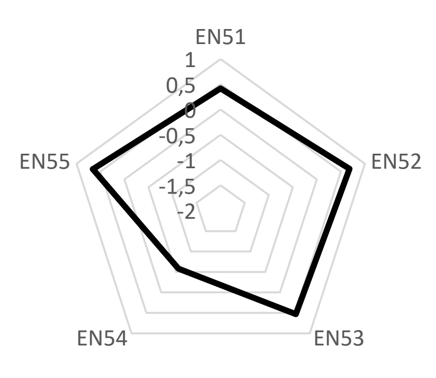
**Basiskonzept *Chemische Reaktion***



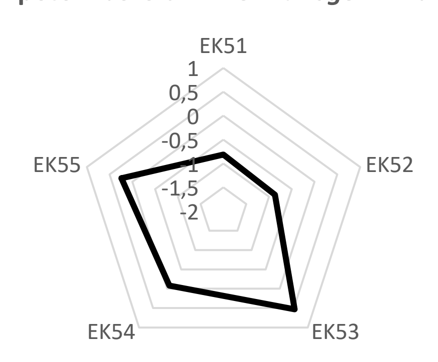

**Basiskonzept *Struktur der Materie***



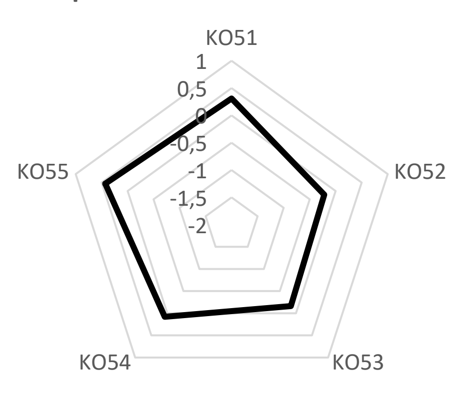

**Basiskonzept *Energie***




**Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung***




**Kompetenzbereich *Kommunikation***




**Kompetenzbereich *Bewertung***

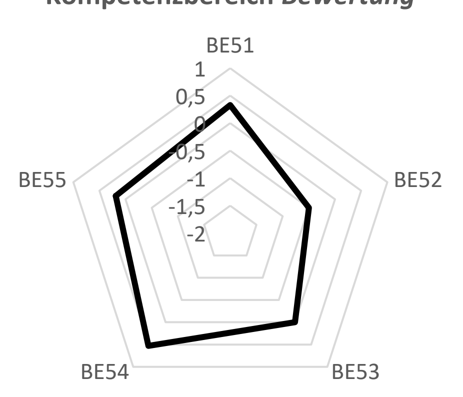



*Abbildung 10: Itemschwierigkeiten in Jahrgangsstufe 5 getrennt nach Basiskonzepten und Kompetenzbereichen – Hauptstudie*

In den Netzdiagrammen zeigt sich für jedes Basiskonzept und jeden Kompetenzbereich, dass die je fünf zugehörigen Items jeweils unterschiedliche Itemschwierigkeiten besitzen. Für die Basiskonzepte *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie* zeigt sich eine besonders breite Verteilung von sehr hohen bis zu sehr niedrigen Itemschwierigkeiten, was darauf schließen lässt, dass einige Items von vielen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet werden, während andere Items desselben Basiskonzepts nur von wenigen Lernenden richtig beantwortet werden. Eine allgemeine Aussage zu den Kompetenzen innerhalb dieser Basiskonzepte lässt sich folglich nicht treffen. Die Kompetenzen scheinen innerhalb der beiden Basiskonzepte jeweils unterschiedlich ausgeprägt zu sein. Im Basiskonzept *Energie* zeigen sich für vier der fünf Items sehr hohe Itemschwierigkeiten. Daraus lässt sich ableiten, dass die meisten Items nur von wenigen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet werden. Insgesamt scheinen die Kompetenzen in diesem Basiskonzept folglich geringer ausgeprägt zu sein als in den anderen beiden Basiskonzepten. Im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* sind die Itemschwierigkeiten wiederum etwas breiter gestreut. Zwei der fünf Items weisen hier auch im Vergleich zu den anderen Kompetenzbereichen besonders niedrige Itemschwierigkeiten auf. Sie werden folglich von vielen Schülerinnen und Schülern richtig bearbeitet, was auf die anderen Items dieses Kompetenzbereiches nicht in dem Maße zutrifft. Hier lässt sich also wiederum keine einheitliche Aussage über die Kompetenzen in diesem Kompetenzbereich treffen. In den Kompetenzbereichen *Kommunikation* und *Bewertung* liegen die Itemschwierigkeiten im Vergleich zum Bereich *Erkenntnisgewinnung* etwas näher beieinander. Hier weisen die Items eher mittlere bis hohe Schwierigkeiten auf, woraus sich ebenfalls keine einheitliche Ausprägung der Kompetenzen innerhalb der Kompetenzbereiche ableiten lässt. Insgesamt können anhand der beschriebenen Itemschwierigkeiten Aussagen darüber getroffen werden, wie schwierig oder einfach einzelne Items in Summe für die Schülerinnen und Schüler waren. Für besonders schwierige Items lässt sich dabei ableiten, dass diese nur von wenigen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet werden, während besonders einfache Items von vielen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet werden. Insbesondere für Items im mittleren Schwierigkeitsbereich lassen sich aus den geschätzten Itemschwierigkeiten jedoch nur bedingt Rückschlüsse auf die tatsächlichen Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler ziehen. Eine mittlere Itemschwierigkeit könnte beispielsweise dadurch zustande kommen, dass ein Großteil der Schülerinnen und Schüler in diesem Item eine Punktzahl im mittleren Bereich der Punktskala von null bis sechs erreicht. Es wäre allerdings auch denkbar, dass eine mittlere Itemschwierigkeit sich dadurch ergibt, dass einige Schülerinnen und Schüler das Item vollständig richtig beantworten, während andere Schülerinnen und Schüler dasselbe Item überwiegend falsch beantworten. Wie die tatsächliche Kompetenzausprägung innerhalb eines Basiskonzepts oder Kompetenzbereichs aussieht, lässt sich anhand der Itemschwierigkeiten also nicht vollständig ermitteln.

Um zu dieser Kompetenzausprägung innerhalb der Basiskonzepte und Kompetenzbereiche genauere Aussagen tätigen zu können, wurden zusätzlich zur Betrachtung der Itemschwierigkeiten auch die erreichten Punktzahlen der Schülerinnen und Schüler deskriptiv analysiert. Dazu wurden die Schülerinnen und Schüler auf Grundlage dieser erreichten Punktzahlen für jedes Basiskonzept aus dem Kompetenzbereich *Fachwissen* und für jeden Kompetenzbereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* einem Niveau zugeordnet. Dabei wurden jeweils alle Items berücksichtigt, die eine Schülerin oder ein Schüler für das entsprechende Basiskonzept oder den Kompetenzbereich beantwortet

hat. Wurden in mindestens 75 % der bearbeiteten Items fünf oder sechs der maximal sechs Punkte erreicht, wurde die Person für dieses Basiskonzept oder diesen Kompetenzbereich einem *hohen Niveau* zugeordnet. Analog dazu wurde ein *niedriges Niveau* festgelegt, wenn mindestens 75 % der Items mit null, einem oder zwei von sechs Punkten beantwortet wurden. Ein *mittleres Niveau* konnte auf zwei verschiedene Arten erreicht werden. Zum einen wurde von einem *homogenen mittleren Niveau* für ein Basiskonzept oder einen Kompetenzbereich ausgegangen, wenn in mindestens 75 % aller bearbeiteten Items genau drei oder vier von sechs Punkten erreicht wurden. Zum anderen wurde ein *heterogenes mittleres Niveau* festgelegt, wenn die Punktzahlen aller bearbeiteten Items so stark variierten, dass keine der zuvor genannten Punktekategorien in mindestens 75 % aller bearbeiteten Items erreicht wurde. Abbildung 11 zeigt die Anteile der Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 5, die ein bestimmtes Niveau in einem Basiskonzept oder Kompetenzbereich erreichten.

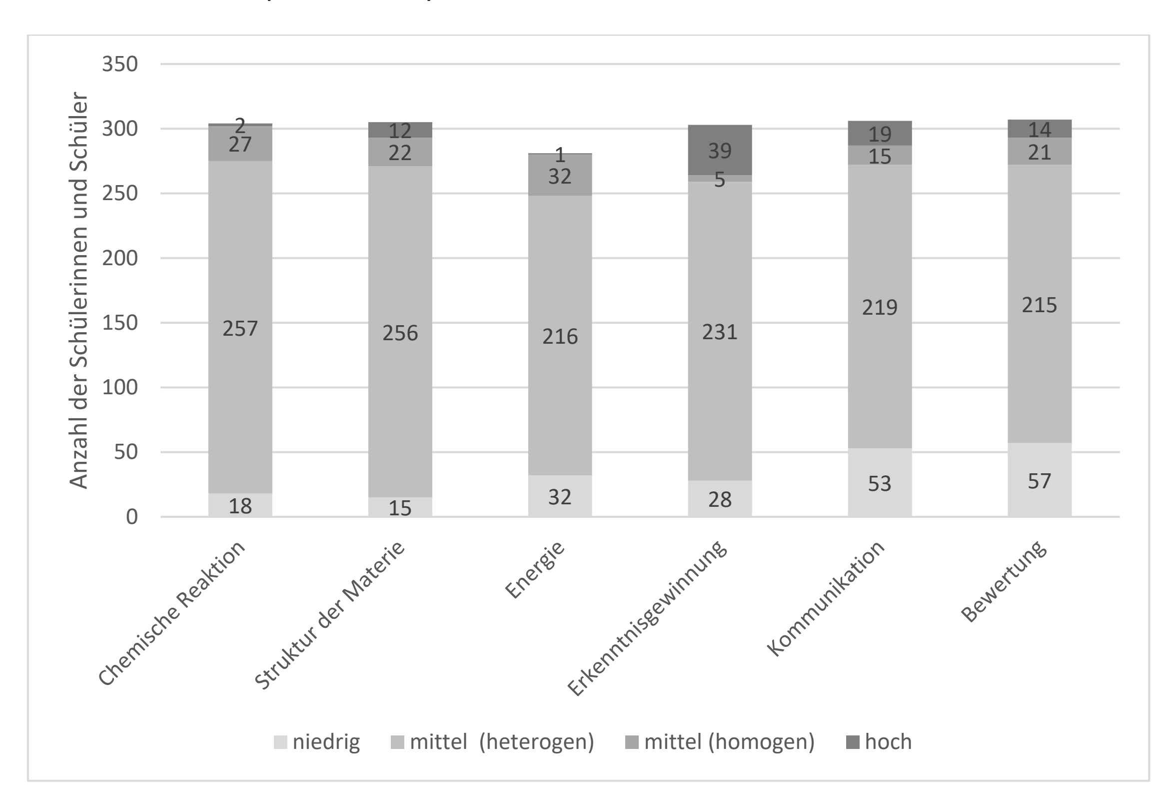



*Abbildung 11: Anteil an Lernenden der Jahrgangsstufe 5 auf verschiedenen Niveaus getrennt nach Basiskonzepten und Kompetenzbereichen – Hauptstudie*

Es fällt auf, dass die Gruppen derjenigen, die ein *niedriges*, ein *homogenes mittleres* und ein *hohes Niveau* erreichen, in allen Basiskonzepten beziehungsweise Kompetenzbereichen sehr klein sind. Die größten Anteile finden sich im Vergleich in den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung* (*hohes Niveau*) sowie *Bewertung* und *Kommunikation* (*niedriges Niveau*). In allen Bereichen dominiert das *heterogene mittlere Niveau*. Insgesamt ergibt sich somit für alle Basiskonzepte und Kompetenzbereiche ein heterogenes Bild dessen, was die Schülerinnen und Schüler an Kompetenzen aus dem Sachunterricht mitbringen.

Für die kleinen Gruppen an Lernenden, die ein *hohes*, ein *homogenes mittleres* oder ein *niedriges* Niveau erreichen, soll zusätzlich untersucht werden, inwiefern sich dieses Ni-

veau auch übergreifend für das *Fachwissen* oder für die *prozessbezogenen Kompetenzen* wiederfinden lässt. Möglicherweise kann so zumindest für einen kleinen Teil der Schülerinnen und Schüler eine genauere Aussage zu den vorhandenen Kompetenzen im Bereich *Fachwissen* und in den *prozessbezogenen Kompetenzen* getroffen werden. Jede Schülerin und jeder Schüler bearbeitete im Rahmen der Datenerhebung die Items zu zwei der drei Basiskonzepte und zu zwei der drei Kompetenzbereiche. Demzufolge wird im Folgenden betrachtet, wie viele der Lernenden, die ein bestimmtes Niveau in einem der Basiskonzepte beziehungsweise Kompetenzbereiche erreichen, dasselbe Niveau auch in dem anderen von ihnen bearbeiteten Basiskonzept oder Kompetenzbereich erreichen. Zur Veranschaulichung dessen zeigt Tabelle 11 in Form von Kreuztabellen für alle möglichen Kombinationen aus zwei Basiskonzepten und alle möglichen Kombinationen aus zwei Kompetenzbereichen, wie viele der Schülerinnen und Schüler in beiden der von ihnen bearbeiteten Basiskonzepte beziehungsweise Kompetenzbereiche dasselbe Niveau erreichen und wie viele ein unterschiedliches Niveau erreichen. Die grau markierten Zellen in den Kreuztabellen markieren dabei jeweils die Anzahl derjenigen Lernenden, die sich in beiden bearbeiteten Basiskonzepten oder Kompetenzbereichen auf demselben Niveau befinden.

*Tabelle 11: Erreichte Niveaus in Jahrgangsstufe 5 – Kreuztabellen zu je zwei Basiskonzepten aus dem Kompetenzbereich Fachwissen oder zu je zwei Kompetenzbereichen der prozessbezogenen Kompetenzen – Hauptstudie*

| ***n* = 151** | | Struktur der Materie | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Chemische Reaktion | niedrig | 1 | 7 | 0 | 0 |
| | mittel (het.) | 2 | 111 | 10 | 6 |
| | mittel (hom.) | 0 | 9 | 3 | 1 |
| | hoch | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ***n* = 154** | | Energie | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Struktur der Materie | niedrig | 7 | 4 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 20 | 97 | 11 | 0 |
| | mittel (hom.) | 0 | 8 | 1 | 0 |
| | hoch | 1 | 3 | 1 | 0 |

| ***n* = 153** | | Chemische Reaktion | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Energie | niedrig | 8 | 22 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 2 | 87 | 13 | 1 |
| | mittel (hom.) | 0 | 18 | 0 | 0 |
| | hoch | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ***n* = 151** | | Kommunikation | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Erkenntnis-gewinnung | niedrig | 7 | 6 | 2 | 0 |
| | mittel (het.) | 25 | 80 | 6 | 6 |
| | mittel (hom.) | 0 | 2 | 0 | 0 |
| | hoch | 0 | 11 | 0 | 6 |

| ***n* = 155** | | Bewertung | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Kommuni-kation | niedrig | 13 | 7 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 18 | 87 | 9 | 6 |
| | mittel (hom.) | 1 | 5 | 1 | 0 |
| | hoch | 0 | 6 | 0 | 1 |

| ***n* = 152** | | Erkenntnisgewinnung | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Bewertung | niedrig | 6 | 19 | 0 | 0 |
| | mittel (het.) | 7 | 82 | 1 | 20 |
| | mittel (hom.) | 0 | 7 | 2 | 1 |
| | hoch | 0 | 6 | 0 | 1 |

Bei Betrachtung der dargestellten Kreuztabellen fällt auf, dass bei den meisten Kombinationen aus zwei Basiskonzepten beziehungsweise Kompetenzbereichen Schülerinnen und Schüler existieren, die in beiden dasselbe Niveau erreichen. Beim *heterogenen mittleren Niveau* handelt es sich dabei bei allen sechs Kombinationen um die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler. Angesichts der Tatsache, dass das *heterogene mittlere Niveau* generell am häufigsten erreicht wird, ist diese hohe Überschneidung zwischen zwei Basiskonzepten oder Kompetenzbereichen erwartungskonform. Bezogen auf das *niedrige*, das *homogene mittlere* und das *hohe Niveau* zeigt sich hier jedoch ein anderes Bild. Nur wenige Lernende erreichen hier in beiden der von ihnen bearbeiteten Basiskonzepte oder Kompetenzbereiche dasselbe Niveau. Die meisten Lernenden, die eines der drei Niveaus erreichen, erreichen in ihrem zweiten bearbeiteten Basiskonzept oder Kompetenzbereich jedoch ein anderes Niveau. Folglich zeigt sich auch übergreifend für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils eine heterogene Verteilung der vorhandenen Kompetenzen, da es nur wenige Schülerinnen und Schüler gibt, die alle in der Grundschule erwarteten Kompetenzen in diesen beiden Bereichen gleichermaßen beherrschen oder nicht beherrschen.

Alle dargestellten Ergebnisse bestätigen folglich, dass die chemiebezogenen Kompetenzen, die die Schülerinnen und Schüler aus dem Sachunterricht der Grundschule in die weiterführende Schule mitbringen, sehr heterogen ausgeprägt sind und sich kein einheitliches Bild dessen zeigt, welche der erwarteten Kompetenzen bereits beherrscht werden und welche noch nicht. Eine Ursache für diesen Befund könnte in den Kompetenzformulierungen des Lehrplans Sachunterricht liegen. Diese lassen an vielen Stellen große Interpretationsspielräume sowie Wahlmöglichkeiten für Lehrkräfte zu. So werden beispielsweise häufig *prozessbezogene Kompetenzen* formuliert, zu denen eine Auswahl an möglichen Fachinhalten dargeboten wird. Ein Beispiel ist die folgende Kompetenzformulierung: Die Schülerinnen und Schüler „planen und führen Versuche durch und werten Ergebnisse aus (z. B. Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall)“ (MSW NRW, 2008, S. 12). Die Lehrkraft kann hier frei entscheiden, ob sie das Planen und Durchführen von Versuchen sowie das Auswerten von Ergebnissen anhand des Beispiels Licht, Feuer, Wasser, Luft, Schall oder sogar anhand eines anderen, nicht aufgelisteten Beispiels in ihren Unterricht integriert. Es werden jedoch vermutlich nicht alle der genannten Beispiele im Laufe der Grundschulzeit thematisiert. Je nachdem, welcher Inhalt zur Erlangung der erwarteten *prozessbezogenen Kompetenz* im Sachunterricht thematisiert wird, erwerben die Schülerinnen und Schüler unterschiedlicher Klassen und Schulen dabei entsprechend unterschiedliche Kompetenzen aus dem Kompetenzbereich *Fachwissen*, sodass es nicht verwunderlich ist, wenn diese Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit insgesamt sehr heterogen ausgeprägt sind. Bezogen auf den Erwerb der *prozessbezogenen Kompetenzen* lässt sich eine ähnliche Vermutung anstellen. Die Kompetenzen sind hier im Lehrplan Sachunterricht zwar konkret formuliert, durch die oben beschriebene Auswahl an Beispielen sind diese jedoch nicht zwangsläufig mit einem chemischen oder anderen naturwissenschaftlichen Inhalt verknüpft. Die Kompetenzformulierungen, die sich auf Versuche oder Experimente beziehen, werden zwar auf Grundlage der Beispiele vermutlich oft in Kombination mit chemiebezogenen oder anderen naturwissenschaftlichen Inhalten im Unterricht aufgegriffen und die im Kompetenztest verwendeten Items aus dem Bereich *Erkenntnisgewinnung* beziehen sich überwiegend auf verschiedene Schritte des Experimentierens. Dies erklärt möglicherweise den höhe-

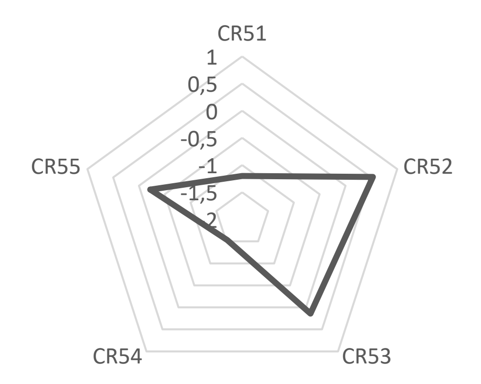
ren Anteil an Lernenden auf einem *hohen Niveau* im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*. In den Kompetenzbereichen *Kommunikation* und *Bewertung* sieht dies jedoch anders aus. Die hier erfassten Kompetenzen zum Beispiel zum Dokumentieren von Arbeitsergebnissen oder dem Bewerten bestimmter Sachverhalte können im Sachunterricht durch den großen Handlungsspielraum innerhalb des Lehrplans und die Vielperspektivität des Faches auch anhand von nicht-chemiebezogenen oder sogar nicht-naturwissenschaftlichen Themen erworben werden. Bezogen auf den Kompetenzbereich *Bewertung* sollen Schülerinnen und Schüler im Sachunterricht beispielsweise „ihre Konsumgewohnheiten unter ökologischen Kriterien [bewerten]" (MSW NRW, 2008, S. 17). Wenn den Lernenden zwar das Bewerten bekannt ist, sie dieses aber noch nie in Bezug auf chemiebezogene oder andere naturwissenschaftliche Sachverhalte durchgeführt haben, könnte dies die Bearbeitung der auf chemiebezogene Inhalte bezogenen Testitems erschweren. Folglich ist es auch bezogen auf die *prozessbezogenen Kompetenzen* nicht verwunderlich, dass diese zum Ende der Grundschulzeit insgesamt sehr heterogen ausgeprägt sind.

Die beschriebenen großen Auswahlmöglichkeiten innerhalb des Lehrplans Sachunterricht bieten Sachunterrichtslehrkräften zudem die Möglichkeit, für ihren eigenen Sachunterricht die Schwerpunkte zu wählen, an denen sie selbst stärker interessiert sind oder in denen sie besser ausgebildet sind. Während die Lehrkräfte der Sekundarstufe I in der Regel fachliche Spezialisten zum Beispiel für das Fach Chemie sind (Möller et al., 2013), haben Sachunterrichtslehrkräfte nicht immer ein naturwissenschaftliches Fach studiert und unterrichten Sachunterricht teilweise sogar fachfremd (Rieck & Fischer, 2010). Folglich könnten je nach Ausbildungsstand der unterrichtenden Lehrkraft und der damit einhergehenden unterschiedlichen Schwerpunktwahl im Fach Sachunterricht in einigen Klassen mehr chemiebezogene Kompetenzen erworben werden als in anderen. Auch dadurch kann die große Heterogenität in den bei den Schülerinnen und Schülern zum Ende der Grundschulzeit vorhandenen Kompetenzen erklärt werden.

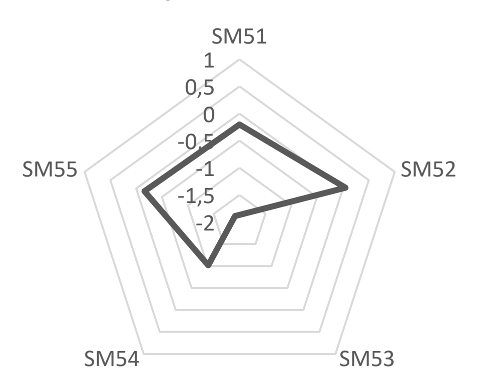
### 6.3.4 Kompetenzen zum Ende der Übergangsphase

Auch für die Jahrgangsstufe 7/8 wurden zur Analyse der Kompetenzen der Lernenden zunächst die in einem für diese Jahrgangsstufe separat geschätzten Rating-Scale-Modell ermittelten Itemschwierigkeiten betrachtet. Die Netzdiagramme in Abbildung 12 zeigen diese Itemschwierigkeiten für die einzelnen Basiskonzepte und Kompetenzbereiche.

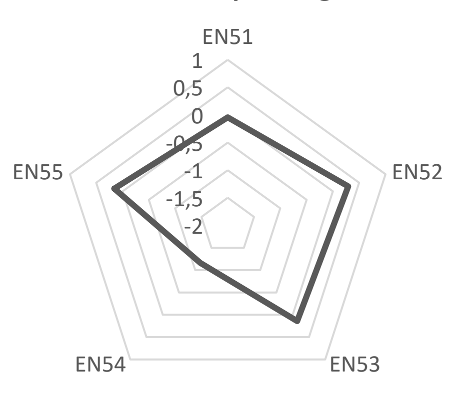
**Basiskonzept *Chemische Reaktion***



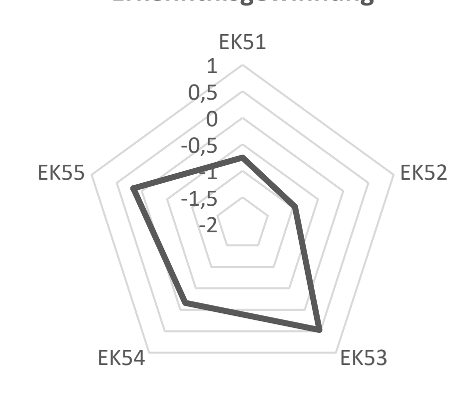

**Basiskonzept *Struktur der Materie***



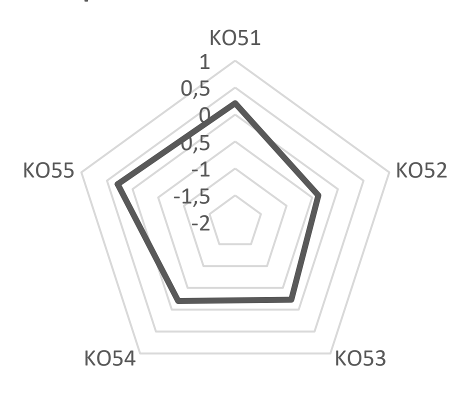

**Basiskonzept *Energie***




**Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung**




**Komptenzbereich *Kommunikation***




**Kompetenzbereich *Bewertung***

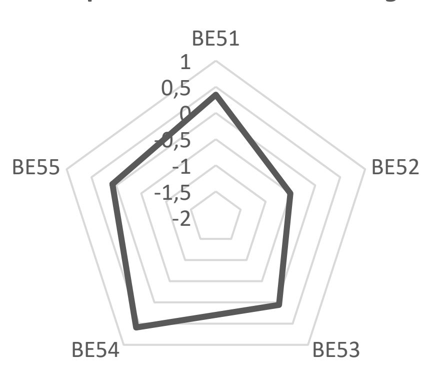



*Abbildung 12: Itemschwierigkeiten in Jahrgangsstufe 7/8 getrennt nach Basiskonzepten und Kompetenzbereichen – Hauptstudie*

Auch hier zeigt sich eine besonders breite Streuung der Itemschwierigkeiten in den Basiskonzepten *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie*, welche darauf schließen lässt, dass einige der Items von vielen und andere wiederum von nur wenigen Schülerinnen und Schülern richtig beantwortet werden. Das Basiskonzept *Energie* zeichnet sich

auch hier dadurch aus, dass vier der fünf Items eine ähnliche und eher hohe Itemschwierigkeit aufweisen. In diesem Basiskonzept scheinen die Kompetenzen der Lernenden also insgesamt etwas geringer ausgeprägt zu sein. Auch im Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* zeigen nach wie vor zwei der fünf Items deutlich geringere Itemschwierigkeiten als die anderen Items – auch verglichen mit den anderen Kompetenzbereichen. Diese Items scheinen also von vielen Schülerinnen und Schülern beherrscht zu werden. In den Kompetenzbereichen *Kommunikation* und *Bewertung* liegen die Itemschwierigkeiten etwas näher beieinander und liegen im mittleren bis hohen Schwierigkeitsbereich. Insgesamt lässt sich also auch für die Jahrgangsstufe 7/8 keine einheitliche Aussage dazu treffen, welche Basiskonzepte und Kompetenzbereiche in Summe besonders gut oder besonders schlecht beherrscht werden, da sich die Itemschwierigkeiten innerhalb der Bereiche verteilen.

Um detaillierte Aussagen über die Kompetenzausprägungen innerhalb der Basiskonzepte und Kompetenzbereiche tätigen zu können, wurden analog zu den Ergebnissen aus der Jahrgangsstufe 5 auch für die Jahrgangsstufe 7/8 zusätzlich die verschiedenen Niveaus für die Basiskonzepte und Kompetenzbereiche betrachtet, die sich auf die in den Items erreichten Punktzahlen beziehen. Dabei wurden nur die Items zugrunde gelegt, die auch bereits in den Testheften der Jahrgangsstufe 5 vorkommen. Diese beziehen sich nur auf die Kompetenzen, die bereits im Sachunterricht erwartet werden und die im Rahmen der Forschungsfragen der Hauptstudie in den Blick genommen werden. Die Items, die sich bereits auf die Kompetenzen des ersten Lernjahres im Fach Chemie beziehen, wurden in der Jahrgangsstufe 7/8 zwar bereits erhoben, wurden aber für diesen Teil der Studie noch nicht relevant, sondern dienen der späteren Analyse des Wissenszuwachses. Abbildung 13 zeigt folglich die prozentualen Anteile der Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7/8, die ein bestimmtes Niveau in einem Basiskonzept beziehungsweise Kompetenzbereich bezogen auf die in der Grundschule erwarteten Kompetenzen erreichten:

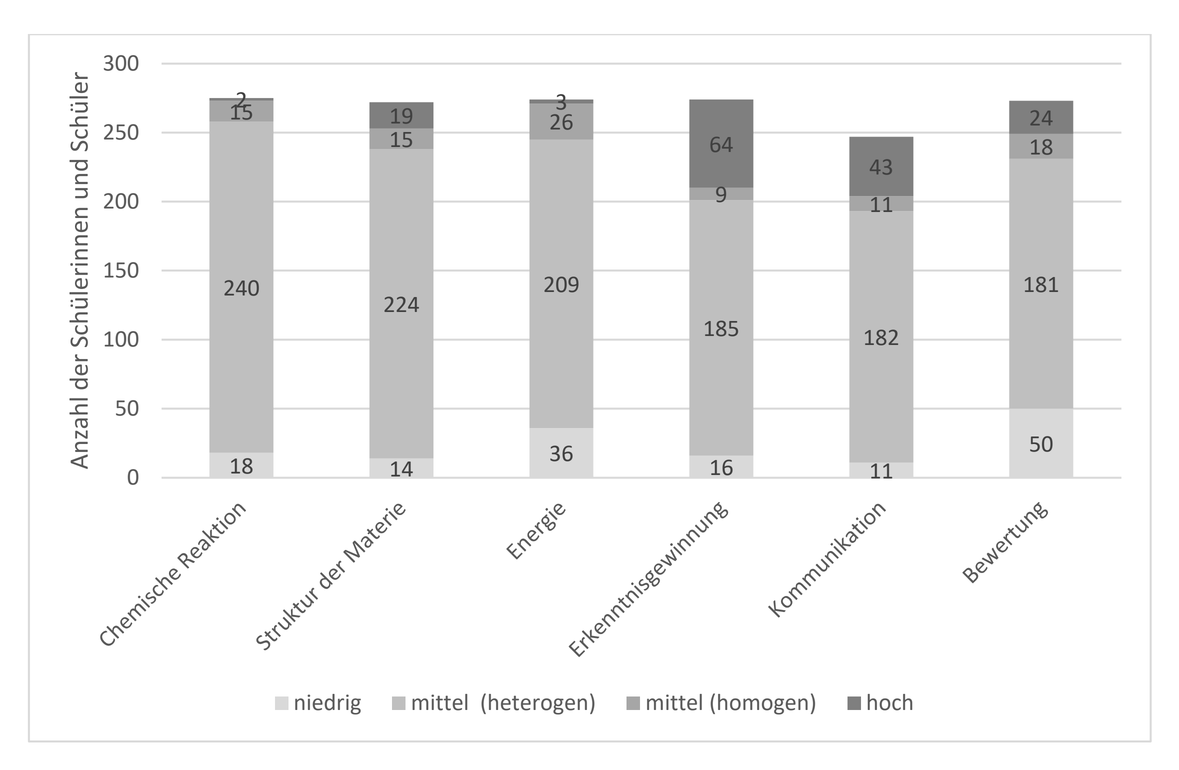



*Abbildung 13: Anteil an Lernenden der Jahrgangsstufe 7/8 auf verschiedenen Niveaus getrennt nach Basiskonzepten und Kompetenzbereichen – Hauptstudie*

Die Abbildung zeigt, dass auch kurz vor Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I ein Großteil der Schülerinnen und Schüler dem *heterogenen mittleren Niveau* zuzuordnen ist. Im Basiskonzept *Struktur der Materie* und in allen drei Kompetenzbereichen der *prozessbezogenen Kompetenzen* ist der Anteil an Schülerinnen und Schülern auf einem *hohen Niveau* deutlich höher als zu Beginn der Jahrgangsstufe 5, auch wenn die Anteile im Basiskonzept *Struktur der Materie* und im Kompetenzbereich *Bewertung* dabei nach wie vor sehr gering ausfallen. Insgesamt scheint sich demzufolge auch ein heterogenes Bild dessen zu zeigen, was die Schülerinnen und Schüler an Kompetenzen mit in den Chemieunterricht bringen.

Wie bereits für die Jahrgangsstufe 5 soll auch für die Jahrgangsstufe 7/8 ergänzend überprüft werden, ob sich auch übergreifend für das *Fachwissen* und für die *prozessbezogenen Kompetenzen* ein heterogenes Bild der vorhandenen Kompetenzen zeigt oder ob zumindest in kleinen Gruppen an Lernenden einheitlich das *hohe*, das *homogene mittlere* oder das *niedrige Niveau* erreicht wird und so für diese Teilgruppen genauere Aussagen zu den vorhandenen Kompetenzen im Bereich *Fachwissen* oder in den *prozessbezogenen Kompetenzen* möglich werden. Tabelle 12 zeigt in Form von Kreuztabellen, wie viele Schülerinnen und Schüler in den verschiedenen Kombinationen aus bearbeiteten Basiskonzepten und Kompetenzbereichen jeweils dasselbe Niveau erreichen und wie viele unterschiedliche Niveaus erreichen.

*Tabelle 12: Erreichte Niveaus in Jahrgangsstufe 7/8 – Kreuztabellen zu je zwei Basiskonzepten aus dem Kompetenzbereich Fachwissen oder zu je zwei Kompetenzbereichen der prozessbezogenen Kompetenzen – Hauptstudie*

| ***n* = 135** | | Struktur der Materie | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Chemische Reaktion | niedrig | 4 | 6 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 5 | 96 | 4 | 10 |
| | mittel (hom.) | 0 | 9 | 0 | 0 |
| | hoch | 0 | 0 | 0 | 0 |

| ***n* = 137** | | Energie | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Struktur der Materie | niedrig | 1 | 3 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 15 | 87 | 11 | 0 |
| | mittel (hom.) | 2 | 5 | 3 | 0 |
| | hoch | 0 | 7 | 0 | 2 |

| ***n* = 137** | | Chemische Reaktion | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Energie | niedrig | 2 | 15 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 3 | 100 | 3 | 1 |
| | mittel (hom.) | 0 | 8 | 2 | 1 |
| | hoch | 0 | 1 | 0 | 0 |

| ***n* = 137** | | Kommunikation | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Erkenntnis-gewinnung | niedrig | 9 | 1 | 0 | 0 |
| | mittel (het.) | 15 | 67 | 3 | 11 |
| | mittel (hom.) | 2 | 2 | 1 | 1 |
| | hoch | 1 | 13 | 0 | 11 |

| ***n* = 135** | | Bewertung | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Kommuni-kation | niedrig | 4 | 4 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 27 | 59 | 7 | 6 |
| | mittel (hom.) | 0 | 6 | 1 | 0 |
| | hoch | 0 | 13 | 0 | 7 |

| ***n* = 137** | | Erkenntnisgewinnung | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | niedrig | mittel (het.) | mittel (hom.) | hoch |
| Bewertung | niedrig | 2 | 15 | 1 | 0 |
| | mittel (het.) | 3 | 63 | 2 | 31 |
| | mittel (hom.) | 1 | 7 | 0 | 1 |
| | hoch | 0 | 4 | 0 | 7 |

Wie schon in Jahrgangsstufe 5 fällt auf, dass bei den meisten Kombinationen aus zwei Basiskonzepten beziehungsweise Kompetenzbereichen Lernende existieren, die in beiden dasselbe Niveau erreichen. Auch hier betrifft dies beim *heterogenen mittleren Niveau* wie erwartet bei allen sechs Kombinationen die Mehrheit der Lernenden. Allerdings erreichen auch in Jahrgangsstufe 7/8 nur wenige Schülerinnen und Schüler in beiden der von ihnen bearbeiteten Basiskonzepte oder Kompetenzbereiche das *niedrige*, das *homogene mittlere* oder das *hohe Niveau*. Ein Großteil derjenigen, die eines dieser Niveaus erreichen, erreicht im zweiten bearbeiteten Basiskonzept oder Kompetenzbereich ein anderes Niveau. Für das Ende der Übergangsphase zeigt sich folglich auch übergreifend für das *Fachwissen* und für die *prozessbezogenen Kompetenzen* ein heterogenes Bild der vorhandenen Kompetenzen und keine einheitliche Kompetenzausprägung über die bearbeiteten Basiskonzepte und Kompetenzbereiche hinweg.

Die beschriebenen Ergebnisse für die Jahrgangsstufe 7/8 zeigen somit insgesamt, dass auch die Kompetenzen, mit denen die Schülerinnen und Schüler in den Chemieunterricht einsteigen, sehr heterogen sind und sich keine einheitlichen Aussagen dazu treffen lassen, welche Kompetenzen bereits vorhanden sind und welche nicht. Dieser Befund deutet darauf hin, dass der naturwissenschaftliche Unterricht während der Übergangsphase zum Chemieunterricht nicht dafür sorgen kann, die zu Beginn der Sekundarstufe I festgestellten großen Kompetenzunterschiede bis zum Beginn des Chemieunterrichts

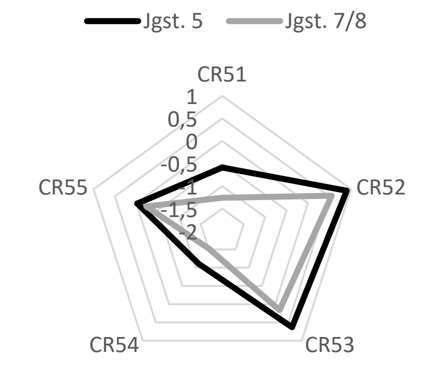
auszugleichen. Die vielen Wahlmöglichkeiten im Lehrplan Sachunterricht sowie die unterschiedlichen Ausbildungshintergründe und daraus resultierenden verschiedenen Vorlieben der Sachunterrichtslehrkräfte führen also nicht nur zu einem sehr heterogenen Bild der chemiebezogenen Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit. Sie führen zu so großen Kompetenzunterschieden, dass auch zwei oder drei Jahre nach dem Ende der Grundschulzeit die vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen immer noch sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Inwiefern sich die zum Ende der Grundschulzeit vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen bis zum Beginn des Chemieunterrichts dennoch an einzelnen Stellen verändern, wird im Folgenden in den Blick genommen.

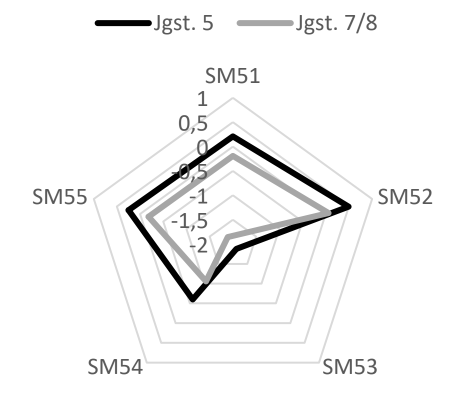
### 6.3.5 Vergleich beider Jahrgangsstufen

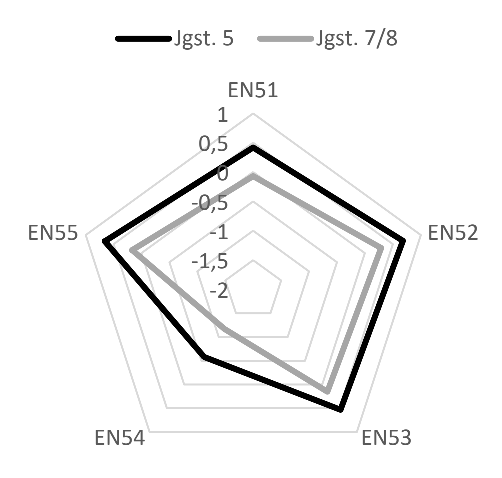
Um eine Vorstellung davon zu erhalten, wie sich die chemiebezogenen Kompetenzen im Laufe der Übergangsphase verändern, werden die bisher für beide Jahrgangsstufen getrennt beschriebenen Kompetenzen im Folgenden vergleichend gegenübergestellt. Bei der Beschreibung der Verteilung der Lernenden auf die verschiedenen Niveaus in den einzelnen Basiskonzepten und Kompetenzbereichen wurde bereits im vorherigen Kapitel dargestellt, wie sich diese Verteilung in der Jahrgangsstufe 7/8 von der Verteilung in der Jahrgangsstufe 5 unterscheidet. Dabei wurde deutlich, dass in beiden Jahrgangsstufen das *heterogene mittlere Niveau* in allen Basiskonzepten und Kompetenzbereichen von der Mehrheit der Lernenden erreicht wurde. Der Anteil an Lernenden auf einem *hohen Niveau* ist in der Jahrgangsstufe 7/8 bezogen auf das Basiskonzept *Struktur der Materie* sowie auf die Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* höher als in der Jahrgangsstufe 5. Im Basiskonzept *Chemische Reaktion* wurde das *homogene mittlere Niveau* in der Jahrgangsstufe 7/8 tendenziell von etwas weniger Lernenden erreicht als in der Jahrgangsstufe 5. Im Basiskonzept *Energie* erreichten in der Jahrgangsstufe 7/8 tendenziell weniger Personen das *niedrige Niveau* als in der Jahrgangsstufe 5.

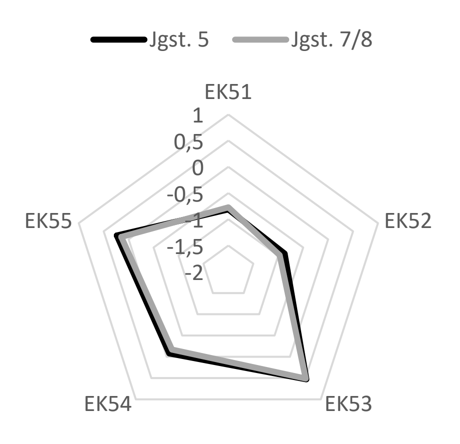
Um diese Unterschiede genauer zu untersuchen, werden im Folgenden die im Rating-Scale-Modell geschätzten Itemschwierigkeiten beider Jahrgangsstufen vergleichend betrachtet. Abbildung 14 zeigt diese Itemschwierigkeiten wie schon aus den vorherigen Kapiteln bekannt in Netzdiagrammen direkt einander gegenübergestellt. Dabei ist zu beachten, dass die Itemschwierigkeiten hier für jede Jahrgangsstufe in einem eigenen IRT-Modell geschätzt wurden. Die Schätzung in einem gemeinsamen Modell würde keine nach Jahrgangsstufen getrennten Itemschwierigkeiten hervorbringen, die einander gegenübergestellt werden könnten. Aus diesem Grund mussten die Itemschwierigkeiten der beiden separat geschätzten Modelle herangezogen werden. Bei den beiden zugrundeliegenden Stichproben handelt es sich allerdings um unterschiedliche Kohorten und nicht um eine Kohorte, die zu zwei Messzeitpunkten getestet wurde. Aus diesem Grund können an dieser Stelle keine auf derselben Skala abgebildeten Itemschwierigkeiten (zum Beispiel durch Fixierung der Personenfähigkeiten) für beide Messzeitpunkte hervorgebracht werden. Die konkreten Werte für die Itemschwierigkeiten sind folglich nicht direkt miteinander vergleichbar. Lediglich die Beziehung zwischen den Itemschwierigkeiten innerhalb eines Basiskonzepts oder Kompetenzbereichs kann betrachtet werden. Diese kann anhand der Netzdiagramme veranschaulicht und verglichen werden. Ist die Form des abgebildeten Netzes für beide Jahrgangsstufen ähnlich, stehen die Itemschwierigkeiten also auch in einem ähnlichen Verhältnis zueinander. Unterscheidet

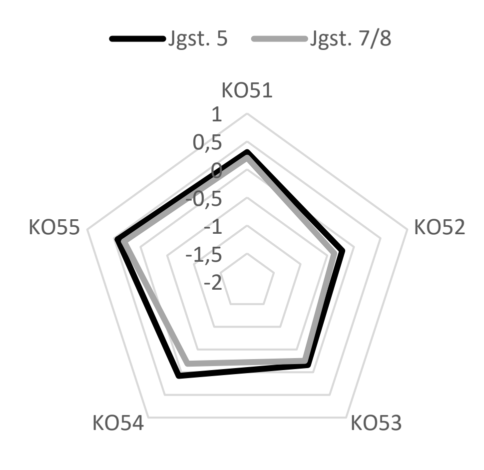
sich die Form, sind einzelne Items im Verhältnis zu den anderen einfacher oder schwieriger. Diese Darstellung erlaubt jedoch keine Aussagen darüber, ob die Items eines Basiskonzepts oder Kompetenzbereichs insgesamt einfacher oder schwieriger sind.



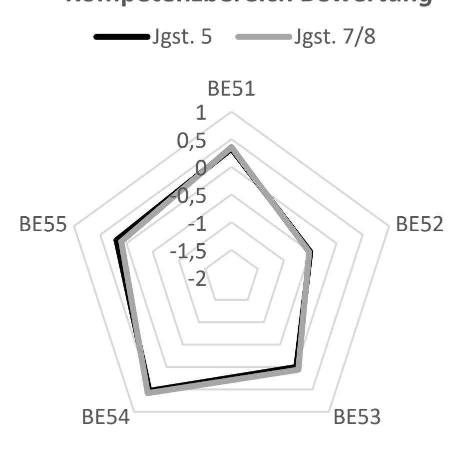




*Abbildung 14: Vergleich der Itemschwierigkeiten in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 getrennt nach Basiskonzepten und Kompetenzbereichen – Hauptstudie*

In der Abbildung wird sichtbar, dass sich die Netze in allen Basiskonzepten und Kompetenzbereichen in ihrer Form nicht wesentlich voneinander unterscheiden. Grundsätzlich ist das Verhältnis der Itemschwierigkeiten innerhalb der verschiedenen Bereiche also ähnlich. In den drei Basiskonzepten zeigt sich, dass einzelne Items in der Jahrgangsstufe 7/8 im Verhältnis zu den übrigen Items eine etwas geringere Itemschwierigkeit aufweisen als dies in Jahrgangsstufe 5 der Fall ist. Dies könnte auch ausschlaggebend dafür sein, dass sich die Verteilung auf die verschiedenen Niveaus in den verschiedenen Basiskonzepten etwas voneinander unterscheidet. In den Kompetenzbereichen *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* lassen sich jedoch keine solchen Verschiebungen der Itemschwierigkeiten beobachten. Die Form der Netze ist hier für beide Jahrgangsstufen nahezu identisch. Das bedeutet, dass das Verhältnis der Itemschwierigkeiten zueinander innerhalb dieser drei Kompetenzbereiche in der Jahrgangsstufe 5 dasselbe ist wie in der Jahrgangsstufe 7/8. Dennoch ist bei der vorherigen Betrachtung der deskriptiv festgelegten Niveaus aufgefallen, dass das *hohe Niveau* in allen drei Kompetenzbereichen in der Jahrgangsstufe 7/8 von mehr Schülerinnen und Schülern erreicht wird als in der Jahrgangsstufe 5. Da diese höhere Anzahl an Lernenden auf einem *hohen Niveau* aber offenbar nicht dadurch zustande kommt, dass einzelne Items im Vergleich zu allen anderen Items in der Jahrgangsstufe 7/8 geringere Itemschwierigkeiten aufweisen, lässt sich vermuten, dass alle Items gleichermaßen einigen Schülerinnen und Schülern in der Jahrgangsstufe 7/8 leichter fallen als den Schülerinnen und Schülern in der Jahrgangsstufe 5. Dies wird im weiteren Verlauf des Kapitels überprüft.

Die bisher beschriebenen Ergebnisse im Vergleich zeigen, dass zumindest ein Teil der Schülerinnen und Schüler zum Ende der Übergangsphase höhere Niveaus in einzelnen Basiskonzepten und Kompetenzbereichen erreicht und einzelne Items im Verhältnis zu anderen Bereichen zu diesem Zeitpunkt eine geringere Schwierigkeit aufweisen als zu Beginn der Übergangsphase. Folglich kann hier auch von tendenziell höheren chemiebezogenen Kompetenzen ausgegangen werden als zu Beginn der Übergangsphase. Um dieses Ergebnis zu überprüfen, wurden in einem weiteren Schritt die mithilfe von IRT-Analysen geschätzten Personenfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler der beiden Jahrgangsstufen miteinander verglichen. Um diese direkt gegenüberstellen zu können, wurden sie für die Schülerinnen und Schüler beider Jahrgangsstufen in je einem gemeinsamen Rating-Scale-Modell für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* geschätzt. Abbildung 15 zeigt die Personenfähigkeiten im *Fachwissen* für beide Jahrgangsstufen im Vergleich.

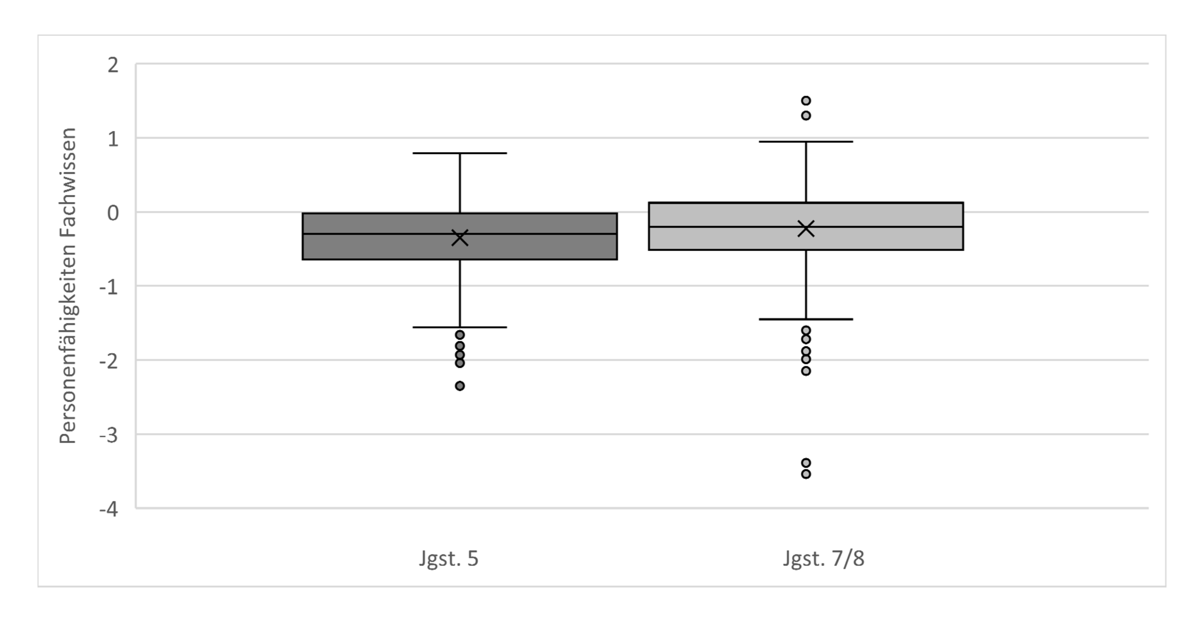



*Abbildung 15: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

In der Abbildung wird deutlich, dass die Personenfähigkeiten in beiden Jahrgangsstufen ähnlich verteilt sind. Dabei liegen die Personenfähigkeiten in der Jahrgangsstufe 7/8 insgesamt etwas höher als in der Jahrgangsstufe 5. Da sich die beiden Teilstichproben hinsichtlich ihrer *kognitiven Fähigkeiten* voneinander unterscheiden, ist dieser Unterschied jedoch nicht direkt interpretierbar. Es wurde daher eine ANCOVA berechnet, die die Kontrollvariable *kognitive Fähigkeiten* berücksichtigt, um zu überprüfen, ob der Unterschied zwischen den beiden Jahrgangsstufen statistisch signifikant ist. Dabei wurden wie schon bei der Überprüfung der Qualität des Messinstruments die im Rasch-Modell geschätzten Personenfähigkeiten des KFT als Kovariate verwendet. In die Analysen wurden Daten von 458 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 5 und von 412 Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 einbezogen. Wie durch den Levene-Test gezeigt wird, ist die Voraussetzung der Homogenität der Varianzen gegeben ($p$ = .235), sodass die ANCOVA durchgeführt werden kann. In der Jahrgangsstufe 5 liegt die mittlere Personenfähigkeit im Bereich *Fachwissen* bei -0.35 und in der Jahrgangsstufe 7/8 bei -0.22. In der ANCOVA zeigt sich, dass sich die Personenfähigkeiten nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* hochsignifikant mit einem großen Effekt voneinander unterscheiden ($F(1, 867) = 10.18$, $p = .001$, partielles $\eta^2 = .012$). Um diesen Unterschied genauer in den Blick zu nehmen, wurden zusätzlich Personenfähigkeiten für jedes der drei Basiskonzepte in einem dreidimensionalen Rating-Scale-Modell ermittelt. Die in diesem Modell geschätzten Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen sind insgesamt zufriedenstellend und lassen sich der Tabelle 38 im Anhang entnehmen. Abbildung 16, Abbildung 17 und Abbildung 18 zeigen die Personenfähigkeiten der drei Basiskonzepte im Vergleich zwischen den beiden Jahrgangsstufen.

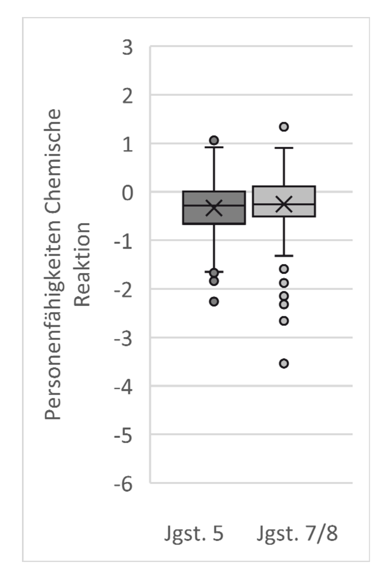



*Abbildung 16: Vergleich der Personenfähigkeiten Chemische Reaktion in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

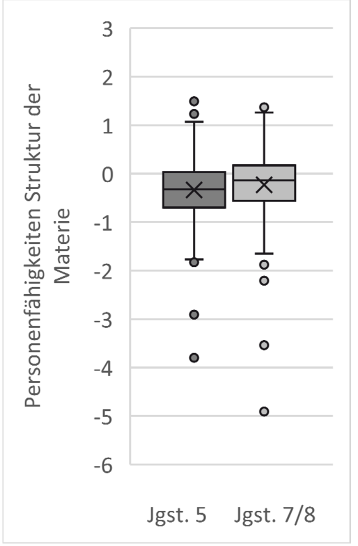



*Abbildung 17: Vergleich der Personenfähigkeiten Struktur der Materie in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

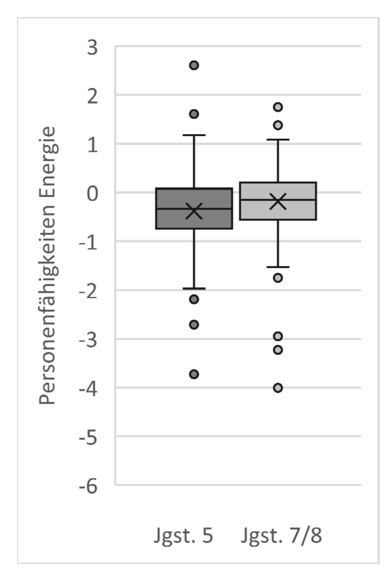



*Abbildung 18: Vergleich der Personenfähigkeiten Energie in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

In den Abbildungen wird sichtbar, dass die Personenfähigkeiten in allen drei Basiskonzepten in der Jahrgangsstufe 7/8 im Mittel höher ausgeprägt sind als in der Jahrgangsstufe 5. Um zu überprüfen, ob diese Unterschiede statistisch signifikant sind, wurde analog zur Betrachtung der Unterschiede im *Fachwissen* insgesamt nun für jedes Basiskonzept separat eine ANCOVA mit Einbezug der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate berechnet. Tabelle 13 zeigt die Ergebnisse dieser Analysen für alle drei Basiskonzepte.

*Tabelle 13: Vergleich der Personenfähigkeiten der drei Basiskonzepte im Fachwissen – ANCOVA mit der Kontrollvariable kognitive Fähigkeiten als Kovariate – Hauptstudie*

| **Basiskonzept** | **Stichprobe** | **Levene-Test** | **ANCOVA** |
|---|---|---|---|
| Chemische Reaktion | $n_5$ = 306<br>$n_{7/8}$ = 281 | $p$ = .984 | F(1, 584) = 2.52,<br>$p$ = .113,<br>partielles $\eta^2$ = .004 |
| Struktur der Materie | $n_5$ = 310<br>$n_{7/8}$ = 285 | $p$ = .187 | F(1, 592) = 2.97,<br>$p$ = .085,<br>partielles $\eta^2$ = .005 |
| Energie | $n_5$ = 309<br>$n_{7/8}$ = 284 | $p$ = .187 | F(1, 590) = 9.06,<br>$p$ = .003,<br>partielles $\eta^2$ = .015 |

Wie der Tabelle zu entnehmen ist, zeigten sich beim Vergleich der Personenfähigkeiten keine signifikanten Unterschiede für die Basiskonzepte *Chemische Reaktion* und *Struktur der Materie*, während sich die Personenfähigkeiten im Basiskonzept *Energie* zugunsten der Jahrgangsstufe 7/8 hochsignifikant mit einem großen Effekt voneinander unterschieden. Offenbar werden folglich während der Übergangsphase, in der das Fach Chemie nicht unterrichtet wird, dennoch einige der in der Grundschule erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen im Bereich *Fachwissen* weiterentwickelt. Dies lässt sich jedoch nicht für alle drei Basiskonzepte, sondern lediglich für das Basiskonzept *Energie*

zeigen. Ein Grund für diesen Befund könnte sein, dass innerhalb des Kompetenzbereichs *Fachwissen* zwar nicht alle, aber dennoch einzelne Kompetenzen punktuell auch in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern auftauchen. So wird im integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 5 und 6 von den Schülerinnen und Schülern beispielsweise erwartet, dass sie „charakteristische Stoffeigenschaften zur Unterscheidung bzw. Identifizierung von Stoffen sowie einfache Trennverfahren für Stoffgemische beschreiben“ (MSW NRW, 2013, S. 39). Im Physikunterricht sollen sie beispielsweise „an Vorgängen aus ihrem Erfahrungsbereich Beispiele für die Speicherung, den Transport und die Umwandlung von Energie angeben“ (MSW NRW, 2013, S. 97). Bei beiden Formulierungen handelt es sich um Kompetenzen, die unmittelbar an die im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen anknüpfen und die auch in einzelnen Testitems zum *Fachwissen* thematisiert werden. Solche Kompetenzformulierungen existieren jedoch nicht zu allen im Rahmen des Tests gemessenen Kompetenzen. Dies erklärt, warum hier vor allem einzelne Items im Vergleich zu anderen Items desselben Basiskonzepts zum Ende der Übergangsphase eine geringere Itemschwierigkeit aufweisen und sich dadurch im Mittel höhere Personenfähigkeiten zeigen, diese aber nicht für alle drei Basiskonzepte bestätigt werden können.

Nach Betrachtung der Personenfähigkeiten im Kompetenzbereich *Fachwissen* werden im Folgenden die Personenfähigkeiten in den *prozessbezogenen Kompetenzen* in den Blick genommen. Abbildung 19 zeigt diese Personenfähigkeiten im Bereich *prozessbezogene Kompetenzen* für beide Jahrgangsstufen im Vergleich.

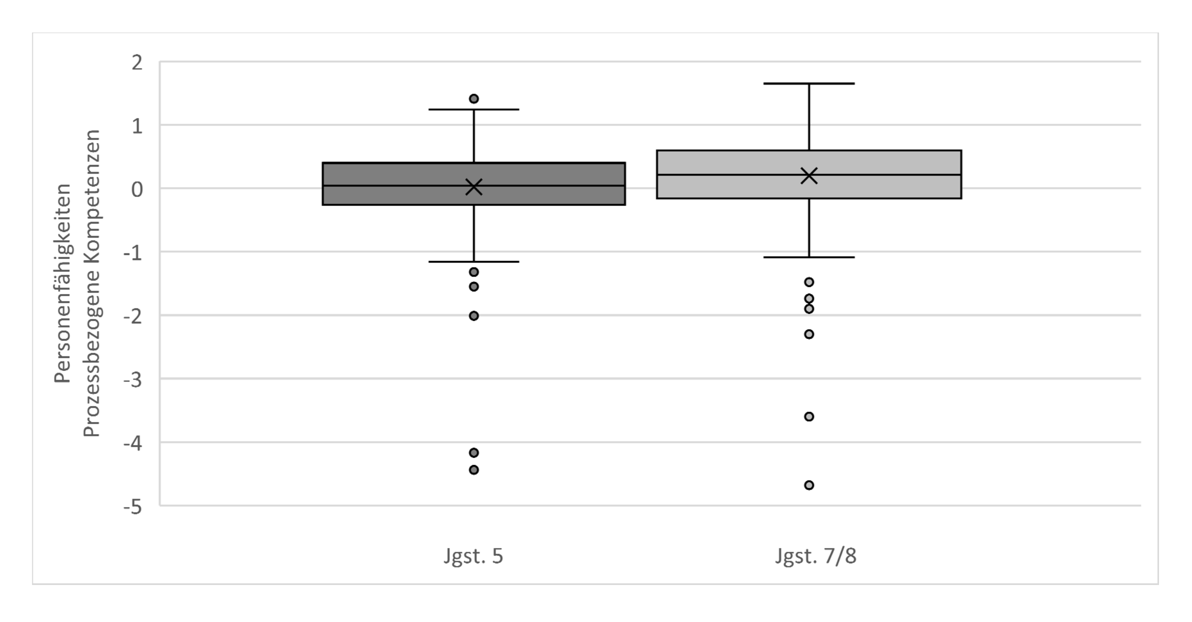



*Abbildung 19: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

Es zeigt sich eine in beiden Jahrgangsstufen ähnliche Verteilung der Personenfähigkeiten, wobei die Personenfähigkeiten der Jahrgangsstufe 7/8 mit einem Mittelwert von 0.20 insgesamt etwas höher ausfallen als die Personenfähigkeiten der Jahrgangsstufe 5 mit einem Mittelwert von 0.02. Auch hier kann der Unterschied aufgrund der unterschiedlichen kognitiven Fähigkeiten nicht direkt interpretiert werden, sodass zur Überprüfung dieses Unterschieds ebenfalls eine ANCOVA mit Einbezug der Kontrollvariable *kognitive Fähigkeiten* als Kovariate durchgeführt wurde. Insgesamt wurden 457 Lernende der Jahrgangsstufe 5 und 410 Lernende der Jahrgangsstufe 7/8 in die Analysen einbezogen.

Durch den Levene-Test wird sichtbar, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt ist ($p$ = .043). Die beiden zu vergleichenden Teilstichproben sind jedoch nahezu identisch groß. In diesem Fall kann die Voraussetzung der Varianzhomogenität vernachlässigt werden und die ANCOVA dennoch durchgeführt werden (Bühner & Ziegler, 2017; Field, 2005). Die ANCOVA zeigt, dass sich auch die Personenfähigkeiten im Bereich *prozessbezogene Kompetenzen* nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* höchstsignifikant mit einem großen Effekt voneinander unterscheiden ($F(1, 864) = 16.22$, $p < .001$, partielles $\eta^2 = .018$). Zur weiteren Analyse dieses Befunds wurden für die drei Kompetenzbereiche die Personenfähigkeiten zusätzlich separat mithilfe eines dreidimensionalen Rating-Scale-Modells geschätzt, dessen geschätzte Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen insgesamt zufriedenstellend sind und der Tabelle 38 im Anhang entnommen werden können. Abbildung 20, Abbildung 21 und Abbildung 22 zeigen die Personenfähigkeiten der drei Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung*, *Kommunikation* und *Bewertung* im Vergleich zwischen den beiden Jahrgangsstufen.

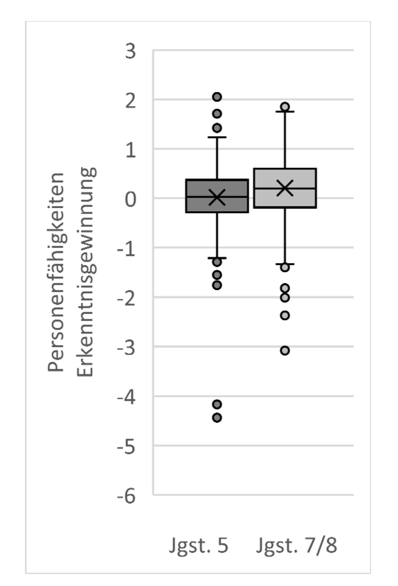



*Abbildung 20: Vergleich der Personenfähigkeiten Erkenntnisgewinnung in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

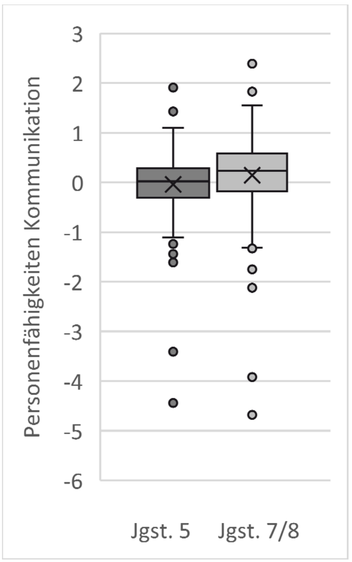



*Abbildung 21: Vergleich der Personenfähigkeiten Kommunikation in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

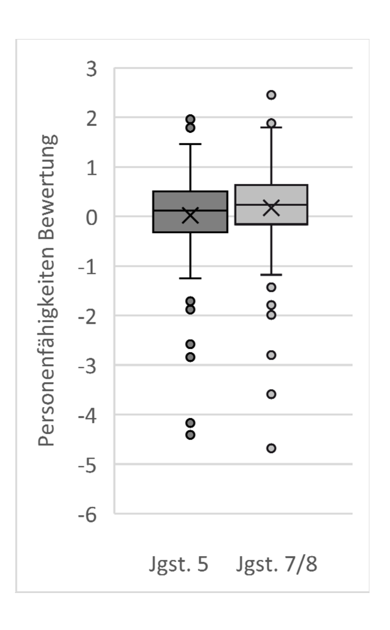



*Abbildung 22: Vergleich der Personenfähigkeiten Bewertung in Jahrgangsstufe 5 und 7/8 – Hauptstudie*

Die Abbildungen zeigen, dass die Personenfähigkeiten in allen drei Kompetenzbereichen in der Jahrgansstufe 7/8 im Mittel höher ausgeprägt sind als in der Jahrgangsstufe 5. Auch hier wird überprüft, ob diese Unterschiede statistisch signifikant sind, indem für jeden Kompetenzbereich separat eine ANCOVA mit Einbezug der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate berechnet wird. Tabelle 14 zeigt die Ergebnisse dieser Analysen für alle drei Kompetenzbereiche.

*Tabelle 14: Vergleich der Personenfähigkeiten der drei Kompetenzbereiche der prozessbezogenen Kompetenzen – ANCOVA mit der Kontrollvariable kognitive Fähigkeiten als Kovariate – Hauptstudie*

| Kompetenzbereich | Stichprobe | Levene-Test | ANCOVA |
|---|---|---|---|
| Erkenntnisgewinnung | $n_5$ = 306<br>$n_{7/8}$ = 281 | $p$ = .769 | F(1, 584) = 10.11,<br>$p$ = .002,<br>partielles $\eta^2$ = .017 |
| Kommunikation | $n_5$ = 310<br>$n_{7/8}$ = 285 | $p$ = .016 | F(1, 592) = 8.62,<br>$p$ = .003,<br>partielles $\eta^2$ = .014 |
| Bewertung | $n_5$ = 309<br>$n_{7/8}$ = 284 | $p$ = .361 | F(1, 590) = 4.15,<br>$p$ = .042,<br>partielles $\eta^2$ = .007 |

In der Tabelle wird deutlich, dass es hochsignifikante Unterschiede mit einem großen Effekt für die Kompetenzbereiche *Erkenntnisgewinnung* und *Kommunikation* und einen signifikanten Unterschied mit einem mittleren Effekt für den Kompetenzbereich *Bewertung* jeweils zugunsten der Jahrgangsstufe 7/8 gibt. Im Gegensatz zum Kompetenzbereich *Fachwissen* wird bei den *prozessbezogenen Kompetenzen* folglich in allen drei Kompetenzbereichen eine Weiterentwicklung der Kompetenzen während der Übergangsphase sichtbar. Dies bestätigt auch die bereits nach dem Vergleich der Itemschwierigkeiten beider Jahrgangsstufen beschriebene Vermutung, dass sich die *prozessbezogenen Kompetenzen* nicht nur bezogen auf einzelne Items verändern, sondern sich diese im Laufe der Übergangsphase insgesamt weiterentwickeln. Dass sich die *prozessbezogenen Kompetenzen* weiterentwickeln, obwohl das Fach Chemie in dieser Phase nicht unterrichtet wird, lässt sich durch den Unterricht in den während der Übergangsphase stattfindenden anderen naturwissenschaftlichen Fächern begründen. Wie im Theorieteil der Arbeit bereits dargestellt, existieren für alle drei Kompetenzbereiche der *prozessbezogenen Kompetenzen* übergeordnete Kompetenzformulierungen, die nicht nur für das Fach Chemie, sondern auch für die Fächer Physik und Biologie sowie den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht zugrunde gelegt werden. Es liegt also nahe, dass die Schülerinnen und Schüler während der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht ihre *prozessbezogenen Kompetenzen* innerhalb der anderen naturwissenschaftlichen Fächer im Gegensatz zum *Fachwissen* nicht nur punktuell, sondern insgesamt weiterentwickeln können.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass die im Sachunterricht der Grundschule erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen bei den Schülerinnen und Schülern zum Ende der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht im Mittel signifikant höher ausgeprägt sind als bei den Schülerinnen und Schülern zu Beginn dieser Übergangsphase. Für beide Messzeitpunkte zeigt sich dabei jedoch ein sehr heterogenes Bild der bereits beherrschten Kompetenzen. Es lassen sich folglich keine konkreten Kompetenzen benennen, die die Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit oder zu Beginn des Chemieunterrichtes sicher beherrschen oder nicht beherrschen.

## 6.4 Diskussion

Die dargestellten Ergebnisse der Hauptstudie werden im Folgenden im Hinblick auf mögliche Konsequenzen sowie Vorschläge für den Umgang mit den Befunden zusammenfassend diskutiert.

Das zentrale Ergebnis der Hauptstudie ist die Tatsache, dass Lernende insgesamt mit sehr unterschiedlichen chemiebezogenen Kompetenzen aus dem Sachunterricht der Grundschule an die weiterführende Schule wechseln. Für diesen Befund wurden bereits verschiedene miteinander einhergehende Ursachen angeführt. Diese beziehen sich im Wesentlichen auf die im Lehrplan Sachunterricht formulierten Kompetenzen, die große Interpretationsspielräume und Wahlmöglichkeiten für Lehrkräfte zulassen. Dadurch können die verschiedenen *prozessbezogenen Kompetenzen* anhand sehr unterschiedlicher Fachinhalte vermittelt werden, woraus wiederum eine große Heterogenität der Kompetenzen im Bereich *Fachwissen* resultiert. Zudem können viele der erwarteten *prozessbezogenen Kompetenzen* unter anderem auch anhand von nicht-naturwissenschaftlichen Inhalten unterrichtet werden, sodass diese nicht zwangsläufig bezogen auf chemiebezogene Inhalte beherrscht werden. Dies stellt eine mögliche Ursache für die heterogen ausgeprägten *prozessbezogenen Kompetenzen* dar. Verstärkt werden können die genannten Aspekte durch die unterschiedlichen Interessen oder Ausbildungsschwerpunkte der Sachunterrichtslehrkräfte. Diese können durch die vielen Wahlmöglichkeiten im Lehrplan Sachunterricht zu einer ungleichen Gewichtung der Auswahl bestimmter Unterrichtsinhalte bezogen auf die unterschiedlichen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts führen. Chemiebezogene Kompetenzen stehen folglich bei unterschiedlichen Lehrkräften vermutlich unterschiedlich stark im Fokus des Sachunterrichts.

Neben dieser festgestellten Heterogenität der chemiebezogenen Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit ließ sich auch feststellen, dass die Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufe 7/8 kurz vor Beginn des Chemieunterrichts im Mittel über etwas höhere chemiebezogene Kompetenzen verfügen als in der Jahrgangsstufe 5. Da die Lernenden in der Zwischenzeit keinen Chemieunterricht erhalten haben, liegt wie bereits beschrieben die Vermutung nahe, dass die in der Übergangsphase unterrichteten anderen naturwissenschaftlichen Fächer dazu beitragen, dass die in der Grundschule erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen weiterentwickelt werden können. Insbesondere in allen drei Kompetenzbereichen der *prozessbezogenen Kompetenzen* erreichte ein deutlich höherer Anteil an Schülerinnen und Schülern der Jahrgangsstufe 7/8 ein *hohes Niveau*. Auch die Vergleiche der im Rating-Scale-Modell geschätzten Personenfähigkeiten zeigten hier signifikante Unterschiede in allen drei Kompetenzbereichen. Wie bei der Darstellung der Ergebnisse bereits beschrieben, lässt sich dies mit den für alle drei Kompetenzbereiche der *prozessbezogenen Kompetenzen* übergeordneten Kompetenzformulierungen erklären, die nicht nur für das Fach Chemie, sondern auch für die während der Übergangsphase unterrichteten naturwissenschaftlichen Fächer gelten. Im Bereich *Fachwissen* waren die Unterschiede zwischen den Jahrgangsstufen bereits deskriptiv anhand der Niveaus weniger deutlich zu sehen und auch im Vergleich der Personenfähigkeiten konnte zwar insgesamt ein signifikanter Unterschied gemessen werden, dieser zeigte sich im dreidimensionalen Rating-Scale-Modell jedoch nur für das Basiskonzept *Energie*. Dies wurde damit begründet, dass im Kompetenzbereich *Fachwissen* nur ein-

zelne der im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen auch während des naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Übergangsphase aufgegriffen und weiterentwickelt werden.

Trotz der signifikant höher ausgeprägten Kompetenzen zum Ende der Übergangsphase kann das insgesamt heterogene Bild der Kompetenzen aller Schülerinnen und Schüler auch durch den Unterricht in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern bis zum Beginn des Chemieunterrichts nicht verändert werden. Zu Beginn des Chemieunterrichts verfügen die Schülerinnen und Schüler nach wie vor über sehr unterschiedliche der im Sachunterricht erwarteten Kompetenzen. Diese Tatsache führt dazu, dass die verschiedenen Schülerinnen und Schüler in Abhängigkeit von den zuvor im Sachunterricht erworbenen Kompetenzen auch sehr unterschiedliche Chancen auf eine effektive kumulative Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen haben. Wenn die Schülerinnen und Schüler mit sehr unterschiedlichen Kompetenzen in den Chemieunterricht einsteigen, knüpft dieser Chemieunterricht vermutlich auch unterschiedlich gut an diese Kompetenzen an. Während einige der Lernenden bereits Bekanntes im Unterricht wiederholen, fehlt anderen möglicherweise die Grundlage zum Erreichen der Kompetenzen, die im Chemieunterricht angesprochen werden. Ihre Kompetenzen im Sinne kumulativen Lernens optimal weiterentwickeln können in erster Linie vermutlich die Schülerinnen und Schüler, die im Sachunterricht zufällig genau die Kompetenzen erworben haben, die die Lehrkraft im Chemieunterricht der Sekundarstufe I voraussetzt.

Nicht nur die Lernenden, sondern auch die Lehrkräfte der Sekundarstufe I werden durch die unterschiedlich ausgeprägten Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts vermutlich vor eine Herausforderung gestellt. Sie können die Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler nur schlecht aufgreifen, wenn diese abhängig von der besuchten Grundschulklasse und dem dort erteilten Sachunterricht sehr unterschiedlich ausgeprägt sind. Zum einen existieren keine verlässlichen Informationen dazu, welche Kompetenzen die Lehrkräfte von ihren Schülerinnen und Schülern zu Beginn des Chemieunterrichts bereits erwarten können, und zum anderen sind die vorhandenen Kompetenzen zu heterogen, um allen Schülerinnen und Schülern gerecht zu werden und optimale kumulative Lernprozesse anzuregen.

Um den Übergang vom Sachunterricht in den Chemieunterricht mit Blick auf das kumulative Lernen sowohl für Schülerinnen und Schüler als auch für Lehrkräfte zu verbessern, müsste zum einen bereits in der Grundschule dafür Sorge getragen werden, dass die am Ende der Grundschulzeit vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen insgesamt homogener ausfallen. Es müsste folglich erreicht werden, dass die im Sachunterricht behandelten Themen und die dabei zu erreichenden Kompetenzen einheitlicher unterrichtet werden und sich nicht zu stark zwischen den Schulen oder sogar Klassen innerhalb einer Schule unterscheiden. Der seit 2021 existierende neue Lehrplan für das Fach Sachunterricht in Nordrhein-Westfalen könnte hierzu einen Beitrag leisten. Im Gegensatz zum bisher gültigen Lehrplan wird hier darauf hingewiesen, dass die in Klammern hinter den Kompetenzerwartungen aufgeführten Inhalte verbindlich zu behandeln sind (MSB NRW, 2021). Diese Kompetenzformulierungen mit dadurch deutlich weniger Wahlmöglichkeiten könnten hier zu einer größeren Verbindlichkeit und einem homogeneren Kompetenzstand zum Ende der vierten Jahrgangsstufe beitragen. Die nun genaueren Vorgaben bezüglich der zu unterrichtenden Inhalte könnten auch genutzt werden,

um die Lehramtsausbildung im Fach Sachunterricht auf genau diese Inhalte auszurichten und so langfristig die Vermittlung dieser verbindlichen Inhalte im Sachunterricht zu fördern. Die dadurch möglicherweise höhere Homogenität der zum Ende der Grundschulzeit vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen würde es den Lehrkräften der Sekundarstufe I erleichtern, die bei den Schülerinnen und Schülern zu Beginn des Chemieunterrichts vorhandenen Kompetenzen einzuschätzen und diese entsprechend aufzugreifen. Zum anderen kann das Aufgreifen der vorhandenen Kompetenzen in der Sekundarstufe I auch dadurch verbessert werden, dass die Lehrkräfte zu Beginn des Chemieunterrichts den Kompetenzstand ihrer Schülerinnen und Schüler gezielt erheben, um optimal darauf reagieren zu können. Wie im theoretischen Hintergrund bereits berichtet, schätzen Lehrkräfte eine solche Bestimmung der Lernausgangslage ihrer Schülerinnen und Schüler als bedeutsam ein, nutzen diese Möglichkeit aber trotzdem nicht (Kohnen & Racherbäumer, 2013). Möglicherweise könnte der im Rahmen dieser Arbeit eingesetzte Test zur Messung der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen hier als Hilfsmittel für Lehrkräfte dienen, um sich einen ersten Überblick über den Kompetenzstand ihrer Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts zu verschaffen. Durch die beschriebenen Maßnahmen könnte dazu beigetragen werden, dass der Übergang zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht für die Schülerinnen und Schüler besser bewältigt werden kann und kumulative Lernprozesse besser angeregt und unterstützt werden können.

# 7. Auswirkungen der Corona-Pandemie auf weitere Datenerhebungen

Die beschriebene Hauptstudie basiert auf Daten, die nach den Sommerferien 2019 erhoben wurden. Zu diesem Zeitpunkt war die Corona-Pandemie mit ihren Auswirkungen auf den Präsenzunterricht in Schulen noch nicht absehbar. Ursprünglich sollte im Rahmen der Hauptstudie eine ausführlichere Betrachtung der Kompetenzentwicklung innerhalb der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Grundschule und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I sowie auch im ersten Lernjahr des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I stattfinden. Zu diesem Zweck war eine Datenerhebung in einem quasi-längsschnittlichen Design geplant, in welchem für die im vorherigen Kapitel beschriebene Stichprobe kurz vor den Sommerferien 2020 eine weitere Datenerhebung vorgesehen war. Dadurch sollten innerhalb des Quasi-Längsschnitts zwei weitere Messzeitpunkte entstehen – zum Ende der Jahrgangsstufe 5 und damit etwa in der Mitte der Übergangsphase und zum Ende der Jahrgangsstufe 7/8, also zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie. An den Schulen, die in der Jahrgangsstufe 8 mit dem Chemieunterricht beginnen, wurden im Sommer 2019 auch Daten in der Jahrgangsstufe 7 erhoben, welche im Rahmen der Hauptstudie noch nicht betrachtet wurden. Diese sollten dazu dienen, einen weiteren Messzeitpunkt innerhalb der in diesen Schulen dreijährigen Übergangsphase betrachten zu können. Auch diese Kohorte sollte zum Ende des Schuljahres erneut an der Datenerhebung teilnehmen. Auf diese Weise sollte für jede Kohorte ein echter Längsschnitt mit zwei Messzeitpunkten entstehen, um insgesamt eine quasi-längsschnittliche Betrachtung von mehreren Messzeitpunkten zu ermöglichen.

Im Zuge der aufgrund der Corona-Pandemie ergriffenen Maßnahmen konnten diese weiteren geplanten Datenerhebungen jedoch nicht wie ursprünglich vorgesehen stattfinden. Am 16.03.2020 kam es in Nordrhein-Westfalen erstmalig zur Schließung aller Schulen. Diese Maßnahme hielt bis zu den Osterferien an, nach denen die Schulen schrittweise wieder geöffnet wurden. Zunächst wurden jedoch nur die für die vorliegende Arbeit nicht relevanten Abschlussjahrgänge wieder in Präsenz unterrichtet, während alle weiteren Jahrgänge entweder von zu Hause aus am Distanzunterricht teilnahmen oder nur in Teilgruppen im rollierenden System in der Schule unterrichtet wurden. In den darauffolgenden Wochen bis zum Beginn der Sommerferien am 26.06.2020 fanden Präsenzunterricht und Distanzunterricht weiterhin im Wechsel statt (Land Nordrhein-Westfalen, 2021). Aufgrund dieser sich regelmäßig ändernden Situation an den Schulen konnten die für die Hauptstudie vorgesehenen Datenerhebungen nicht im Präsenzunterricht durchgeführt werden.

Um nicht gänzlich auf die Datenerhebungen zu verzichten, wurden die Testmaterialien kurzfristig für eine asynchrone Bearbeitung der Tests von zu Hause aus vorbereitet. Dazu wurde zunächst ein Instruktionsvideo erstellt. Innerhalb des Videos wird die Testung analog zu einer im Klassenraum durchgeführten Testung angeleitet, indem die Durchführung der Tests erklärt wird und entsprechende Signale gegeben werden, wenn mit einem Teil des Tests begonnen beziehungsweise zum nächsten Testteil weitergeblättert werden soll. Das erstellte Video, welches wie auch eine Testung im Klassenraum einen Zeitraum von etwa 90 Minuten umfasst, wurde online zur Verfügung gestellt, sodass von jedem beliebigen Ort darauf zugegriffen werden konnte. Im Anschluss wurden die verschiedenen Testhefte inklusive eines Informationsbriefes und eines Online-Links

zum Instruktionsvideo zu Materialpaketen verpackt und mit Unterstützung der Lehrkräfte bei der nächsten sich bietenden Gelegenheit im Wechselunterricht an die Schülerinnen und Schüler verteilt. Diese sollten die Testhefte selbstständig mithilfe des Instruktionsvideos zu Hause bearbeiten und bei ihrem nächsten Präsenztermin in der Schule abgeben. Durch dieses Verfahren konnten wertvolle Daten zu den chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zum Ende des Schuljahres 2019/2020 gewonnen werden. Für das ursprünglich geplante Vorhaben, die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Quasi-Längsschnitt zu untersuchen, waren diese Daten jedoch aus verschiedenen Gründen nicht geeignet:

1. Um zu zwei Messzeitpunkten erhobene Daten im Längsschnitt betrachten zu können, müssen dieselben Personen zu beiden Messzeitpunkten an der Datenerhebung teilnehmen und die Daten einer Person für beide Messzeitpunkte müssen sich einander zuordnen lassen. Diese Bedingung war durch das gewählte Verfahren stark eingeschränkt. Die Testhefte konnten durch das durchgeführte Verfahren zwar an alle Klassen verteilt werden, die auch beim ersten Messzeitpunkt teilnahmen, es wurden jedoch nur etwas mehr als die Hälfte aller verteilten Testhefte wieder ausgefüllt zurückgegeben. Zudem waren einige der zurückgegebenen Testhefte entweder nicht mit einem Schülercode markiert oder dieser ließ sich keinem der Schülercodes des ersten Messzeitpunktes zuordnen. Zum ersten Messzeitpunkt wurden insgesamt 990 Testhefte bearbeitet und zum zweiten Messpunkt waren es 518. Es ließen sich jedoch nur 392 der Testhefte des zweiten Messzeitpunktes eindeutig mit Testheften des ersten Messzeitpunktes in Verbindung bringen. Die Stichprobe für eine längsschnittliche Betrachtung der Daten war damit insgesamt deutlich kleiner als geplant, sodass auf dieser Basis keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten gewesen wären.
2. Damit die Daten verschiedener Messzeitpunkte miteinander vergleichbar sind, muss die Durchführung der Datenerhebungen zu allen Messzeitpunkten unter möglichst kontrollierten und vergleichbaren Bedingungen stattfinden. Diese Bedingung war aufgrund der Bearbeitung der Testhefte von zu Hause aus nicht mehr vollständig erfüllt. Es konnten zwar durch die Verwendung identischer Testhefte als Paper-and-Pencil-Tests und identische Bearbeitungszeiten sowie durch die analog zu Präsenztestungen gestaltete Instruktion in Form des Videos gute Bedingungen geschaffen werden, um die Datenerhebung unter vergleichbaren Bedingungen stattfinden zu lassen wie im Klassenraum, die Einhaltung dieser vergleichbaren Bedingungen konnte jedoch nicht überprüft werden. Es ist beispielsweise nicht nachvollziehbar, ob die Schülerinnen und Schüler das Instruktionsvideo beim Bearbeiten der Testmaterialien tatsächlich abspielten, ob sie sich an die dort vorgegebenen Zeitbegrenzungen hielten, zu welcher Tageszeit sie die Testung durchführten, wodurch sie im Vergleich zur Situation im Klassenraum gegebenenfalls mehr oder weniger abgelenkt oder unterbrochen wurden und welche Hilfsmittel sie möglicherweise verwendeten. All diese Aspekte schränken die Durchführungsobjektivität der Testungen zum zweiten Messzeitpunkt ein und lassen deshalb nur stark eingeschränkt einen Vergleich der gemessenen Kompetenzen zu beiden Messzeitpunkten zu.
3. Um allgemeine Aussagen über die Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen während und nach der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und

dem Chemieunterricht treffen zu können, müssten die dazu verwendeten Daten in einem Zeitraum erhoben worden sein, der repräsentativ für die Übergangsphase der vorherigen und nachfolgenden Generationen an Schülerinnen und Schülern ist. Durch die Maßnahmen im Rahmen der Corona-Pandemie waren die Bedingungen, unter denen Schülerinnen und Schüler unterrichtet wurden, deutlich andere als in einer üblichen Kohorte an Schülerinnen und Schülern. Zum Zeitpunkt der Bearbeitung der Testhefte zu Hause nahmen die Schülerinnen und Schüler bereits seit etwa drei Monaten entweder am Distanzunterricht oder am Wechselunterricht, nicht aber wie gewohnt am Präsenzunterricht teil. Hammerstein et al. (2021) stellten in einer strukturierten Übersicht über bereits bestehende Studien zu den Schulschließungen während der Corona-Pandemie dar, dass diese sich überwiegend negativ auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler auswirkten. Dies konnte insbesondere für jüngere Lernende oder solche mit einem niedrigen sozioökonomischen Status festgestellt werden (Hammerstein et al., 2021). Die Leistungen der Schülerinnen und Schüler könnten zum zweiten Messzeitpunkt folglich auch bereits durch die Unterrichtssituation negativ beeinflusst worden sein, sodass die Messergebnisse des ersten Messzeitpunktes vor Beginn der Corona-Pandemie und des zweiten Messzeitpunktes nach einer längeren Phase des Distanzunterrichts oder Wechselunterrichts nicht direkt miteinander vergleichbar sind und keine Ergebnisse liefern können, die repräsentativ für weitere Kohorten an Schülerinnen und Schülern während und nach der Übergangsphase sind.

Die beschriebenen Gründe führten dazu, dass die vor den Sommerferien 2020 erhobenen Daten nicht wie ursprünglich vorgesehen zur Beschreibung der Kompetenzentwicklung der Schülerinnen und Schüler während und nach der Übergangsphase genutzt werden konnten. Allerdings bieten die Daten die ungeplante Möglichkeit, den Einfluss der Testbedingungen auf die Leistung der Schülerinnen und Schüler näher zu analysieren. Daher wurden diese in einer Ergänzungsstudie unter einem anderen Fokus als ursprünglich geplant untersucht. Um für diese Ergänzungsstudie einerseits die Gesamtstichprobe zu erhöhen und andererseits mehr Vergleichsmöglichkeiten zwischen zu Hause und im Präsenzunterricht erhobenen Daten sowie zwischen vor und nach den pandemiebedingten Schulschließungen erhobenen Daten zu schaffen, wurde nach Ende der Schulschließungen eine zusätzliche Datenerhebung im Präsenzunterricht durchgeführt. Dabei wurden alle Jahrgangsstufen vom Beginn der Übergangsphase bis zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie einbezogen. Die Situation an den Schulen während des gesamten Schuljahres 2020/2021 ließ sowohl für den Unterricht als auch für Datenerhebungen weiterhin wenig Planungssicherheit zu, da abhängig von Inzidenzen Schulen teilweise auch standortabhängig zwischen Distanzunterricht, Wechselunterricht und Präsenzunterricht wechseln mussten (Land Nordrhein-Westfalen, 2021). Aus diesem Grund konnte die erneute Datenerhebung erst nach den Sommerferien 2021 stattfinden. Zu diesem Zeitpunkt führten alle Schulen in Nordrhein-Westfalen wieder Präsenzunterricht durch, sodass die Durchführungsbedingungen der Datenerhebungen wieder vergleichbar waren. Das genaue Design dieser Datenerhebung sowie der Ergänzungsstudie insgesamt werden im folgenden Kapitel beschrieben.

# 8. Ergänzungsstudie: Vergleich der Messergebnisse unter verschiedenen Bedingungen

Auch in der Ergänzungsstudie wird weiterhin das Ziel der Arbeit verfolgt, die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Zeitpunkten während der Übergangsphase und im ersten Lernjahr des Chemieunterrichts zu beschreiben. Der Fokus wird hier jedoch auf den Vergleich unterschiedlicher Teilstichproben gelegt, die den Test unter verschiedenen Bedingungen bearbeitet haben.

## 8.1 Forschungsfragen

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, existieren für die Ergänzungsstudie sowohl Daten, die kurz nach den Sommerferien 2019 und damit vor Beginn der Corona-Pandemie erhoben wurden, als auch Daten, die vor den Sommerferien 2020, also während der Corona-Pandemie, und nach den Sommerferien 2021 und damit nach den Schulschließungen im Rahmen der Pandemie erhoben wurden. Diese Daten wurden unter Berücksichtigung der folgenden beiden Forschungsfragen miteinander verglichen:

FF3: Wie unterscheiden sich die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase vor Beginn und nach Ende der Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie?

FF4: Inwiefern beeinflusst das Design der zu Hause oder im Präsenzunterricht durchgeführten Datenerhebung die Messergebnisse während und im ersten Jahr nach der Übergangsphase?

## 8.2 Studiendesign

Zur Beantwortung der genannten Forschungsfragen wurden alle erhobenen Daten inklusive der in der Hauptstudie bereits verwendeten Daten herangezogen. Es existieren insgesamt drei Messzeitpunkte (MZP). Der erste Messzeitpunkt lag im Sommer 2019, der zweite Messzeitpunkt im Sommer 2020 und der dritte Messzeitpunkt im Sommer 2021. Zu jedem Messzeitpunkt wurden Daten in unterschiedlichen Jahrgangsstufen erhoben. Da die Daten zu den verschiedenen Messzeitpunkten teilweise vor und teilweise nach den Sommerferien erhoben wurden, sind die zwischen den Messzeitpunkten vergleichbaren Teilstichproben teilweise unterschiedlichen Jahrgangsstufen zugehörig. So wurde beispielsweise die Jahrgangsstufe 5 des zweiten Messzeitpunktes mit der Jahrgangsstufe 6 des dritten Messzeitpunktes verglichen, weil der Messzeitpunkt 2 kurz vor den Sommerferien und der Messzeitpunkt 3 kurz nach den Sommerferien lag. Es ist davon auszugehen, dass die Kompetenzen zum Ende der Jahrgangsstufe 5 vergleichbar sind mit denen zu Beginn der Jahrgangsstufe 6, da während der Sommerferien nicht mit dem Erwerb weiterer chemiebezogener Kompetenzen zu rechnen ist. Zur besseren Nachvollziehbarkeit wird im weiteren Verlauf der Arbeit nicht von Jahrgangsstufen gesprochen, sondern von verschiedenen Zeitpunkten innerhalb oder nach der Übergangsphase:

- **Ü**bergangsphase – **B**eginn (ÜB)
- **Ü**bergangsphase – **M**itte **1** (ÜM1)
- **Ü**bergangsphase – **M**itte **2** (ÜM2)
- **C**hemieunterricht – **B**eginn des ersten Lernjahres (CB)
- **C**hemieunterricht – **E**nde des ersten Lernjahres (CE)

Der Zeitpunkt ÜM2 existiert dabei nur an Schulen, die in der Jahrgangsstufe 7 noch keinen Chemieunterricht erteilen und deren Übergangsphase dementsprechend drei und nicht zwei Jahre umfasst. Abbildung 23 gibt einen Überblick über alle Messzeitpunkte und die verschiedenen Jahrgangsstufen, in denen jeweils Testungen durchgeführt wurden.

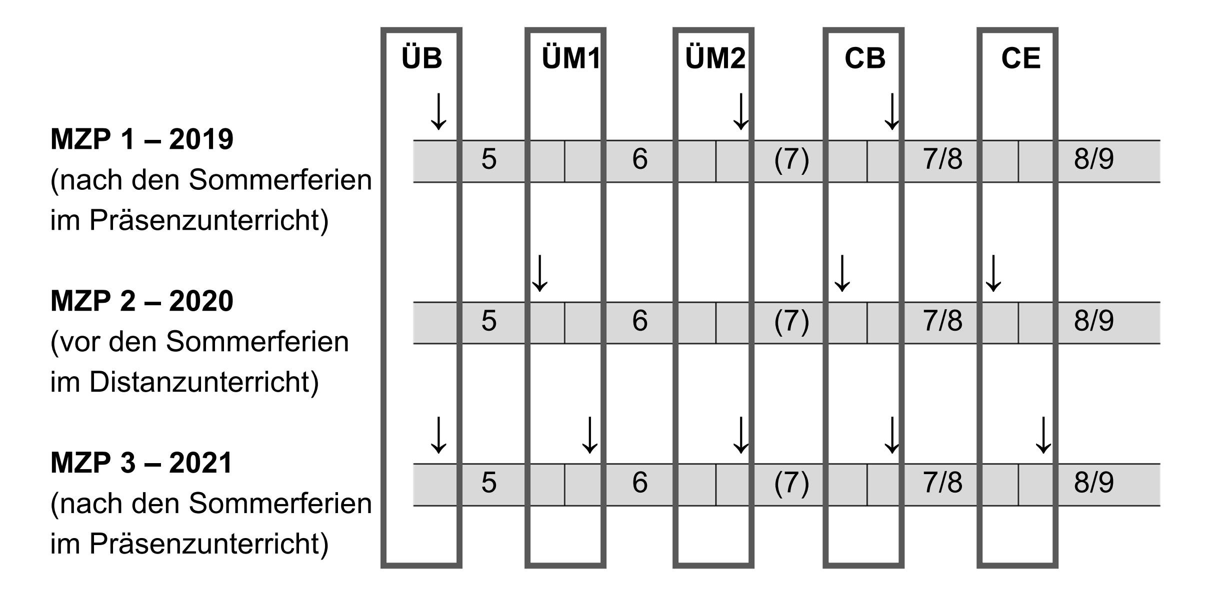



*Abbildung 23: Übersicht über alle Messzeitpunkte und Jahrgangsstufen – Ergänzungsstudie*

Für die Forschungsfrage 3 wurden die kurz nach den Sommerferien 2019 und damit vor Beginn der Schulschließungen im Rahmen der Pandemie erhobenen Daten sowie die kurz nach den Sommerferien 2021 und somit nach Ende der Schulschließungen erhobenen Daten verwendet. Diese Daten wurden alle im Präsenzunterricht erhoben und konnten somit direkt miteinander verglichen werden, um die Kompetenzen vor Beginn und zum Ende der Schulschließungen gegenüberzustellen. Für die Forschungsfrage 4 wurden entsprechend die kurz vor den Sommerferien 2020 und damit nach einer längeren Phase der Schulschließungen erhobenen Daten sowie die kurz nach den Sommerferien 2021 und somit ebenfalls nach einer längeren Phase der Schulschließungen erhobenen Daten verwendet. Die für diese Forschungsfrage verwendeten Daten wurden im Sommer 2020 durch asynchron von zu Hause aus bearbeitete Testhefte erhoben, während die im Sommer 2021 erhobenen Daten im Präsenzunterricht erfasst wurden. Da die Bedingungen bezogen auf die vorangegangenen Schulschließungen zu beiden Messzeitpunkten ähnlich waren, ließen sich anhand dieser Daten die verschiedenen Erhebungsdesigns miteinander vergleichen.

Zu allen drei Messzeitpunkten wurden der entwickelte Kompetenztest sowie zusätzlich der LGVT und der Fragebogen zum *Fachinteresse*, *Alter* und *Geschlecht* eingesetzt. Der KFT wurde im Sommer 2020 nicht eingesetzt, da zu diesem Messzeitpunkt dieselben Klassen an der Erhebung teilnahmen wie im Sommer 2019 und die *kognitiven Fähigkeiten* als stabiles Merkmal nicht erneut erfasst werden mussten. Da bei den asynchron von zu Hause aus bearbeiteten Testheften des Kompetenztests im Sommer 2020 im Vorfeld nicht vorherzusehen war, wie viele Schülerinnen und Schüler die Testhefte tatsächlich bearbeiten, wurden zu diesem Messzeitpunkt statt der normalerweise je nach Jahrgangsstufe 20 oder 32 Items insgesamt 30 oder 48 Items in jedem Testheft präsentiert.

So konnte die Wahrscheinlichkeit erhöht werden, dass für jedes Item eine ausreichend große Zahl an Antworten zur Verfügung steht, um die IRT-Analysen durchführen zu können. Dadurch, dass im Gegensatz zur Testung im Präsenzunterricht keine Zeit für den KFT und für das Verteilen und Einsammeln der Testmaterialien eingeplant werden musste, konnte die Testung durch das Instruktionsvideo gestützt dennoch innerhalb der vorgesehenen 90 Minuten durchgeführt werden.

Die Auswertung des LGVT sowie die Eingabe aller mithilfe der Testhefte erhobenen Daten erfolgte anhand des Kodiermanuals (vgl. Kapitel V im Anhang). Zum dritten Messzeitpunkt im Sommer 2021 erfolgte die Dateneingabe im Gegensatz zu den vorherigen Messzeitpunkten dabei nicht mehr manuell, sondern durch Einscannen der Testhefte und Einlesen der Daten mithilfe des Programms TeleForm©. Auf die Kodierung der Daten hatte dies jedoch keine Auswirkungen. Ropohl (2010) konnte zudem zeigen, dass bei einer manuellen Dateneingabe und dem Einlesen derselben Daten mithilfe von TeleForm© nahezu keine Abweichungen zu finden sind. Folglich kann auch in dieser Arbeit davon ausgegangen werden, dass die unterschiedlichen Eingabemethoden zu den verschiedenen Messzeitpunkten nicht zu Unterschieden in den eingegebenen Daten führen.

## 8.3 Stichprobe und Skalierung

Die Gesamtstichprobe in der Ergänzungsstudie umfasste 2262 Schülerinnen und Schüler der Jahrgangsstufen 5 bis 9 an Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen. Es bearbeiteten jedoch nicht alle Lernenden alle Testhefte. Tabelle 15 zeigt die Anzahl der Probandinnen und Probanden, zu denen Daten zu den verschiedenen Erhebungsinstrumenten vorliegen.

*Tabelle 15: Stichprobe – Ergänzungsstudie – Gesamtübersicht*

| Erhebungsinstrument | Stichprobe |
|---|---|
| Kompetenztest *Fachwissen* | $n = 2168$ |
| Kompetenztest *prozessbezogene Kompetenzen* | $n = 2159$ |
| KFT | $n = 2093$ |
| LGVT | $n = 1920$ |
| Fragebogen *Fachinteresse* | $n = 2225$ |

Alle diese Daten konnten mindestens zur Überprüfung der Qualität der Erhebungsinstrumente verwendet werden. Zum Vergleich der verschiedenen Teilstichproben im Sinne der Forschungsfragen war teilweise auch die Angabe der Jahrgangsstufe nötig. Diese wurde nicht von allen Lernenden getätigt und konnte insbesondere bei den von zu Hause aus bearbeiteten Testheften nicht zweifelsfrei rekonstruiert werden. Die Anzahl derjenigen Schülerinnen und Schüler, zu denen die Jahrgangsstufe bekannt ist, liegt bei insgesamt 2218. Zu 44 der insgesamt 2262 Teilnehmenden liegt folglich keine Angabe zur Jahrgangsstufe vor. Die in Tabelle 15 beschriebenen Daten beziehen sich auf alle drei Messzeitpunkte. Klassen, die bereits im Sommer 2019 an der Erhebung teilnahmen, wurden im Sommer 2020 erneut getestet. Im Sommer 2021 wurde eine neue Stichprobe herangezogen, die aus Schülerinnen und Schülern von drei der sechs zuvor beteiligten Gesamtschulen bestand. Wie bereits beschrieben wurden zur Beantwortung der beiden Forschungsfragen jeweils die Daten von zwei der drei Messzeitpunkte benötigt. Für den Vergleich der Kompetenzen vor und nach den pandemiebedingten Schulschließungen

im Sinne der Forschungsfrage 3 waren die Daten der Messzeitpunkte 1 (vor den Schulschließungen) und 3 (nach den Schulschließungen) relevant. Für den Vergleich der verschiedenen Erhebungsdesigns im Sinne der Forschungsfrage 4 wurden hingegen nur die beiden Messzeitpunkte herangezogen, die auf eine längere Phase der Schulschließungen folgten und die aufgrund dessen direkt miteinander verglichen werden konnten. Dabei handelte es sich um die Messzeitpunkte 2 (Erhebung zu Hause) und 3 (Erhebung in der Schule). Um für die beiden Forschungsfragen jeweils zwei Kohorten mit ähnlichen Merkmalen miteinander zu vergleichen, wurden jeweils nur die Schülerinnen und Schüler beider Messzeitpunkte in die Vergleiche einbezogen, die sich am selben Zeitpunkt innerhalb oder nach der Übergangsphase befanden. Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Teilstichproben zu den verschiedenen Messzeitpunkten sowie den verschiedenen Zeitpunkten innerhalb und nach der Übergangsphase und ordnet diese der jeweiligen Forschungsfrage zu.

*Tabelle 16: Stichprobe – Ergänzungsstudie – Übersicht über Messzeitpunkte und Jahrgangsstufen*

| | **ÜB** | **ÜM1** | **ÜM2** | **CB** | **CE** |
|---|---|---|---|---|---|
| **FF3** | MZP 1 (2019)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 464**<br>$n_{weiblich}$ = 211<br>$n_{männlich}$ = 250<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 3 | | MZP 1 (2019)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 102**<br>$n_{weiblich}$ = 73<br>$n_{männlich}$ = 53<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 3 | MZP 1 (2019)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 424**<br>$n_{weiblich}$ = 198<br>$n_{männlich}$ = 225<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 1 | |
| | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 174**<br>$n_{weiblich}$ = 74<br>$n_{männlich}$ = 99<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 1 | | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 144**<br>$n_{weiblich}$ = 67<br>$n_{männlich}$ = 75<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 2 | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 101**<br>$n_{weiblich}$ = 55<br>$n_{männlich}$ = 45<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 1 | |
| **FF4** | | MZP 2 (2020)<br>zu Hause<br>**$n_{gesamt}$ = 223**<br>$n_{weiblich}$ = 95<br>$n_{männlich}$ = 82<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 46 | | MZP 2 (2020)<br>zu Hause<br>**$n_{gesamt}$ = 48**<br>$n_{weiblich}$ = 24<br>$n_{männlich}$ = 21<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 3 | MZP 2 (2020)<br>zu Hause<br>**$n_{gesamt}$ = 225**<br>$n_{weiblich}$ = 90<br>$n_{männlich}$ = 79<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 56 |
| | | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 141**<br>$n_{weiblich}$ = 57<br>$n_{männlich}$ = 80<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 4 | | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 101**<br>$n_{weiblich}$ = 55<br>$n_{männlich}$ = 45<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 1 | MZP 3 (2021)<br>Präsenz<br>**$n_{gesamt}$ = 172**<br>$n_{weiblich}$ = 72<br>$n_{männlich}$ = 89<br>$n_{ohne\ Ang.}$ = 11 |

Wie schon in der Pilot- und Hauptstudie existieren auch hier verschiedene Möglichkeiten der Skalierung der Daten im Rating-Scale-Modell. Da die Daten zu den verschiedenen

Messzeitpunkten unter unterschiedlichen Bedingungen erhoben wurden, wird zur Überprüfung der Qualität des Messinstruments unter den verschiedenen Bedingungen zunächst jeweils ein separates Rating-Scale-Modell für jeden der drei Messzeitpunkte einzeln sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* berechnet. Aufgrund der Anzahl der Probandinnen und Probanden der einzelnen Messzeitpunkte kann davon ausgegangen werden, dass die gewünschte Anzahl von 100 Antworten pro Item für jeden der drei Messzeitpunkte erfüllt werden konnte. Für den Vergleich verschiedener Teilstichproben im Sinne der Forschungsfragen ist es im Anschluss nötig, dass die geschätzten Personenfähigkeiten der drei Messzeitpunkte auf derselben Skala abgebildet werden und direkt einander gegenübergestellt werden können. Im Kapitel zur Pilotstudie wurde bereits beschrieben, dass zum einen die Möglichkeit besteht, alle Stichproben in einem gemeinsamen Modell zu skalieren, und zum anderen eine Fixierung der Itemschwierigkeiten einer Stichprobe für alle weiteren Stichproben denkbar wäre. Analog zur Hauptstudie werden auch hier die Daten aller drei Teilstichproben – in diesem Fall der drei Messzeitpunkte – in einem gemeinsamen Modell und damit auf Basis einer möglichst großen Stichprobe geschätzt.

## 8.4 Ergebnisse und Interpretation

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ergänzungsstudie dargestellt. Dazu wird zunächst auch für diese Stichprobe die Qualität des entwickelten Testinstruments überprüft. Anschließend werden im Sinne der Forschungsfragen zum einen die Messergebnisse vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie (FF3) und zum anderen die Messergebnisse der verschiedenen Erhebungsdesigns (FF4) miteinander verglichen.

### 8.4.1 Qualität des Messinstruments

Wie oben beschrieben wurden zur Überprüfung der Qualität des Testinstruments zunächst die im Rahmen des Rating-Scale-Modells ermittelten statistischen Kennwerte getrennt für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* betrachtet. Tabelle 17 gibt dazu einen Überblick sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für jeden der drei Messzeitpunkte einzeln.

*Tabelle 17: Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen des Kompetenztests – Ergänzungsstudie*

| | | Gesamt | MZP 1 | MZP 2 | MZP 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Fachwissen | Personen-reliabilität | .79 | .74 | .86 | .75 |
| | Item-reliabilität | 1.00 | 1.00 | 1.00 | .99 |
| | Infit | *M* = 1.08<br>*SD* = 0.24<br>*Min*: 0.71<br>*Max*: 1.55 | *M* = 1.07<br>*SD* = 0.24<br>*Min*: 0.70<br>*Max*: 1.52 | *M* = 1.08<br>*SD* = 0.28<br>*Min*: 0.75<br>*Max*: 1.73 | *M* = 1.10<br>*SD* = 0.26<br>*Min*: 0.64<br>*Max*: 1.58 |
| | Trenn-schärfe | *Min*: 0.56<br>*Max*: 1.34 | *Min*: 0.67<br>*Max*: 1.39 | *Min*: 0.19<br>*Max*: 1.35 | *Min*: 0.43<br>*Max*: 1.44 |
| Prozessbezogene Kompetenzen | Personen-reliabilität | .82 | .80 | .89 | .75 |
| | Item-reliabilität | 1.00 | .99 | .99 | .99 |
| | Infit | *M* = 1.03<br>*SD* = 0.21<br>*Min*: 0.66<br>*Max*: 1.54 | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.23<br>*Min*: 0.65<br>*Max*: 1.62 | *M* = 1.04<br>*SD* = 0.21<br>*Min*: 0.66<br>*Max*: 1.58 | *M* = 1.04<br>*SD* = 0.20<br>*Min*: 0.67<br>*Max*: 1.41 |
| | Trenn-schärfe | *Min*: 0.37<br>*Max*: 1.24 | *Min*: 0.28<br>*Max*: 1.29 | *Min*: 0.33<br>*Max*: 1.32 | *Min*: 0.48<br>*Max*: 1.24 |

Es zeigen sich sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die drei Messzeitpunkte jeweils gute Personen- und Itemreliabilitäten für das *Fachwissen* und für die *prozessbezogenen Kompetenzen*. Die Personenreliabilität liegt dabei in beiden Fällen zum zweiten Messzeitpunkt sichtbar höher als zum ersten und dritten Messzeitpunkt. Dies könnte darauf hindeuten, dass die Schülerinnen und Schüler die Testhefte zum zweiten Messzeitpunkt und damit von zu Hause aus gewissenhafter bearbeiteten als zum ersten und zum dritten Messzeitpunkt in der Schule.

Um auffällige Fitwerte gegebenenfalls in Beziehung zu Itemschwierigkeiten setzen zu können, werden in Abbildung 24 die Wright Maps zum *Fachwissen* und zu den *prozessbezogenen Kompetenzen* bezogen auf die Gesamtstichprobe dargestellt. Die Wright Maps für die einzelnen Messzeitpunkte sind im Anhang in Abbildung 45, Abbildung 46 und Abbildung 47 zu finden und werden hier nicht weitergehend untersucht, weil diese sich kaum von den Wright Maps für die Gesamtstichprobe unterscheiden. Da es bei der folgenden Analyse der Fitwerte und der zugehörigen Itemschwierigkeiten nur um die Lage der einzelnen Items insgesamt geht und nicht um die jeweiligen Antwortkategorien, wird auf zusätzliche Wright Maps mit den einzelnen Thresholds verzichtet.

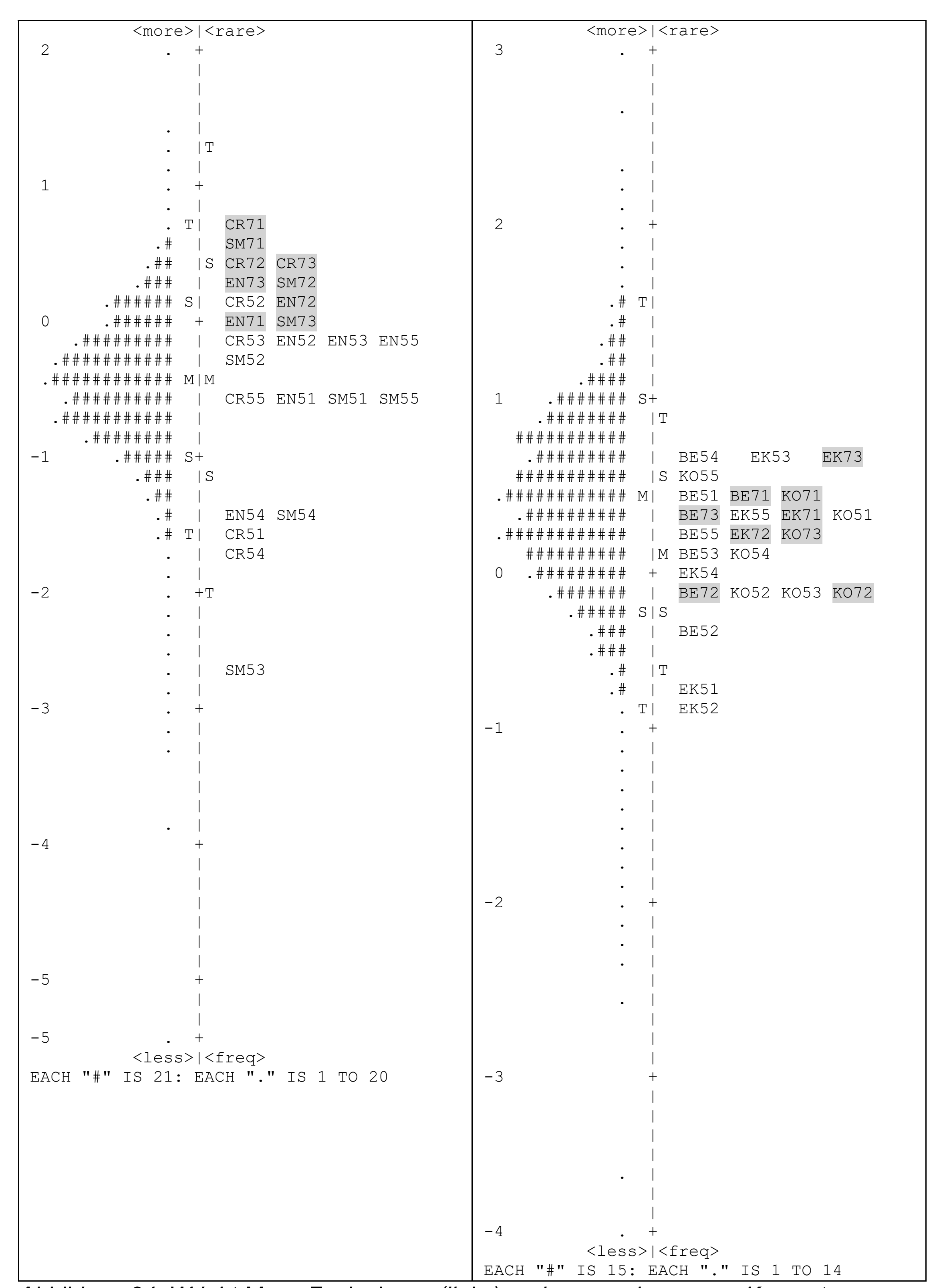



*Abbildung 24: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) – Ergänzungsstudie*

Wie in Abbildung 24 zu sehen ist, liegen die Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* jeweils in einem ähnlichen Wertebereich. Dies bestätigen auch die Mittelwerte und die zugehörigen Standardabweichungen beider Parameter sowohl für das *Fachwissen* (Itemschwierigkeiten: $M$ = 0.00, $SD$ = 0.81; Personenfähigkeiten: $M$ = -0.12, $SD$ = 0.59) als auch für

die *prozessbezogenen Kompetenzen* (Itemschwierigkeiten: *M* = 0.00, *SD* = 0.39; Personenfähigkeiten: *M* = 0.22, *SD* = 0.65). Die Lage der Itemschwierigkeiten im Vergleich zu allen anderen ähnelt der Verteilung in der Pilotstudie und Hauptstudie. Die Items, die für das erste Lernjahr Chemie konstruiert wurden, liegen auch hier für das *Fachwissen* alle im oberen Bereich der Wright Map und sind für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zwischen allen anderen Items verteilt.

Die Infitwerte liegen nahezu alle im vorgesehenen Bereich zwischen 0.5 und 1.5. Lediglich einzelne Items überschreiten den Grenzwert von 1.5 geringfügig. Tabelle 18 gibt einen Überblick über diese Items und deren auffällige Infitwerte zu den verschiedenen Messzeitpunkten.

*Tabelle 18: Items mit auffälligen Infitwerten zu verschiedenen Messzeitpunkten – Ergänzungsstudie*

| | Item | Infit Gesamt | Infit MZP 1 | Infit MZP 2 | Infit MZP 3 |
|---|---|---|---|---|---|
| Fachwissen | CR73 | Infit: 1.56, t-Wert: 8.97 | wie vorgesehen | Infit: 1.73, t-Wert: 6.86 | Infit: 1.73, t-Wert: 6.86 |
| | SM72 | Infit: 1.52, t-Wert: 8.80 | Infit: 1.52, t-Wert: 5.39 | Infit: 1.52, t-Wert: 5.10 | Infit: 1.58, t-Wert: 4.94 |
| | SM53 | wie vorgesehen | wie vorgesehen | Infit: 1.61, t-Wert: 6.06 | wie vorgesehen |
| Prozessbezogene Kompetenzen | EK72 | Infit: 1.54, t-Wert: 8.85 | Infit: 1.62, t-Wert: 6.67 | Infit: 1.58, t-Wert: 5.37 | wie vorgesehen |

Im Bereich *Fachwissen* sind vor allem die Items CR73 und SM72 betroffen. Das Item CR73 weist im Rating-Scale-Modell sowohl bezogen auf die Gesamtstichprobe als auch auf die Messzeitpunkte 2 und 3 Auffälligkeiten auf. Für das Item SM72 liegen die Infitwerte bezogen auf die Gesamtstichprobe und zu allen drei Messzeitpunkten einzeln außerhalb des vorgesehenen Wertebereichs. Zum zweiten Messzeitpunkt fällt zusätzlich das Item SM53 auf. Auch im Bereich der *prozessbezogenen Kompetenzen* übersteigt ein Item (EK72) den Wert von 1.5. Auffälligkeiten zeigen sich hier sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für die Messzeitpunkte 1 und 2. Da keiner der angegebenen Infitwerte den Wert von 2.00 übersteigt und die Messung laut Linacre (2020) folglich nicht negativ beeinflusst wird, werden diese Items auf Grundlage der Infitwerte nicht aus den weiteren Analysen ausgeschlossen. Die im Rating-Scale-Modell ermittelten Trennschärfen der Items liegen nahezu alle über dem vorgesehenen Grenzwert von 0.25. Lediglich zum zweiten Messzeitpunkt weist das Item CR73, welches bereits durch einen leicht erhöhten Infitwert auffiel, eine geringere Trennschärfe von 0.19 auf. Dies könnte damit zusammenhängen, dass es sich um eines der schwierigsten Items handelt (Döring &

Bortz, 2016). Da sich die geringe Trennschärfe jedoch nur bezogen auf einen Messzeitpunkt zeigt und das Item bezogen auf die Gesamtstichprobe eine zufriedenstellende Trennschärfe von 0.56 zeigt, wird dieses Item auch aufgrund der Trennschärfe nicht aus der Messung ausgeschlossen.

Wie bereits in der Hauptstudie wurde die Validität des Testinstruments zusätzlich dadurch überprüft, dass Korrelationen zwischen den Ergebnissen des Kompetenztests und den Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten* und *Leseverständnis* bestimmt wurden. Analog zur Hauptstudie wurden dazu auch hier die im Gesamtmodell über alle Messzeitpunkte geschätzten Personenfähigkeiten zunächst in Beziehung zu den im Rasch-Modell geschätzten Personenfähigkeiten des KFT gesetzt. Die Reliabilitäten, Infitwerte und Trennschärfen zu diesem Rasch-Modell sind auch für diese Stichprobe zufriedenstellend und lassen sich Tabelle 39 im Anhang entnehmen. Zusätzlich wurden wie auch in der Hauptstudie Korrelationen zu dem ermittelten Rohwert für das *Leseverständnis* berechnet. Tabelle 19 gibt einen Überblick über die ermittelten Korrelationen.

*Tabelle 19: Korrelationen zwischen den Personenfähigkeiten des Kompetenztests und den Kontrollvariablen kognitive Fähigkeiten und Leseverständnis – Ergänzungsstudie*

| | **Kognitive Fähigkeiten** | | **Leseverständnis** | |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n = 2009$ | $r = .156$, $p < .001$ | $n = 1886$ | $r = .305$, $p < .001$ |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n = 2003$ | $r = .275$, $p < .001$ | $n = 1882$ | $r = .412$, $p < .001$ |

Wie bereits in der Hauptstudie zeigen sich auch hier eine sehr geringe Korrelation zwischen dem *Fachwissen* und den *kognitiven Fähigkeiten* und geringe Korrelationen zwischen dem *Fachwissen* und dem *Leseverständnis* sowie zwischen den *prozessbezogenen Kompetenzen* und den beiden Kontrollvariablen. Es kann folglich nach wie vor davon ausgegangen werden, dass der Kompetenztest und die Tests zu den beiden Kontrollvariablen unterschiedliche Merkmale erfassen. Obwohl die berechneten Korrelationen gering ausfallen, sind diese auch hier statistisch signifikant. Dies spricht dafür die *kognitiven Fähigkeiten* und das *Leseverständnis* auch in der Ergänzungsstudie im Vergleich der chemiebezogenen Kompetenzen zwischen den Messzeitpunkten bei Bedarf als Kovariaten mit in eine ANCOVA einzubeziehen.

Insgesamt wird durch die im Rating-Scale-Modell geschätzten Kennwerte und die beschriebenen Korrelationen auch in der Ergänzungsstudie bestätigt, dass das entwickelte Testinstrument die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler gut abbildet.

### 8.4.2 Messergebnisse vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie im Vergleich

Nachdem die Qualität des Messinstruments überprüft wurde, werden im Folgenden die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie miteinander verglichen. Dazu werden Daten des Messzeitpunktes 1 (vor den Schulschließungen) und des Messzeitpunktes 3 (nach den Schulschließungen) herangezogen. Für den Vergleich dieser Messzeitpunkte stehen Daten

zu drei Zeitpunkten während der Übergangsphase zur Verfügung. Dabei handelt es sich um den Beginn der Übergangsphase (ÜB), den Beginn der Jahrgangsstufe 7 an Schulen, die in dieser Jahrgangstufe noch keinen Chemieunterricht erteilen (ÜM2) und den Beginn des Chemieunterrichts (CB). Zunächst wurde die Vergleichbarkeit der Kohorten beider Messzeitpunkte anhand der Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten* und *Leseverständnis* überprüft.

Für den Vergleich der *kognitiven Fähigkeiten* wurden dazu analog zur Hauptstudie die im KFT ermittelten Summenscores herangezogen. Aufgrund der überlappenden, aber an die Jahrgangsstufe angepassten Items kann eine gleiche Ausprägung der kognitiven Fähigkeiten, die aber das Alter der Schülerinnen und Schüler berücksichtigt, mit diesen Summenscores sichtbar gemacht werden. Zum Vergleich der beiden Kohorten wurden die Summenscores mittels eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Für den Messzeitpunkt 1 vor den Schulschließungen liegen insgesamt Daten von 983 Schülerinnen und Schülern vor. Für dieselben Jahrgangsstufen des Messzeitpunktes 3 nach den Schulschließungen existieren insgesamt Daten von 395 Lernenden. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität konnte erfüllt werden, wie durch den Levene-Test gezeigt werden konnte ($p = .214$). Es zeigte sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler des ersten Messzeitpunktes mit einem Mittelwert von 9.10 nicht signifikant von den Schülerinnen und Schülern des dritten Messzeitpunktes mit einem Mittelwert von 8.58 unterscheiden ($t(1398) = 1.59$, $p = .113$, $d = .093$). Die *kognitiven Fähigkeiten* sind folglich in beiden Kohorten ähnlich ausgeprägt. Auch innerhalb der verschiedenen Teilstichproben unterscheiden sich die Schülerinnen und Schüler der beiden Kohorten nicht signifikant voneinander, wie in Tabelle 20 zu sehen ist.

*Tabelle 20: Vergleich Summenscores KFT für verschiedene Teilstichproben MZP1 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| ÜB | $n_{MZP1} = 463$<br>$n_{MZP3} = 170$ | $M_{MZP1} = 10.31$<br>$M_{MZP3} = 10.17$ | $p = .180$ | $t(631) = 0.32$,<br>$p = .749$, $d = .029$ | nicht signifikant |
| ÜM2 | $n_{MZP1} = 101$<br>$n_{MZP3} = 143$ | $M_{MZP1} = 8.47$<br>$M_{MZP3} = 8.02$ | $p = .215$ | $t(242) = 0.60$,<br>$p = .547$, $d = .078$ | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1} = 424$<br>$n_{MZP3} = 99$ | $M_{MZP1} = 7.92$<br>$M_{MZP3} = 6.68$ | $p = .334$ | $t(521) = 1.95$,<br>$p = .052$, $d = .217$ | nicht signifikant |

Der Vergleich des *Leseverständnisses* erfolgte wie bereits in der Hauptstudie auf Basis der im LGVT ermittelten Prozentränge für das *Leseverständnis*, da es sich dabei um an die Jahrgangsstufe angepasste Werte handelt. Diese können im direkten Vergleich ein unter Berücksichtigung des Alters der Schülerinnen und Schüler gleichermaßen ausgeprägtes Leseverständnis sichtbar machen. Auch diese Werte wurden mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Der LGVT wurde zum ersten Messzeitpunkt von insgesamt 983 Lernenden und in denselben Jahrgangsstufen zum dritten Messzeitpunkt von insgesamt 395 Lernenden bearbeitet. Durch den Levene-Test wird deutlich, dass die Voraussetzung der Varianzhomogenität erfüllt wurde ($p = .810$). Die Ergebnisse des t-Tests zeigen, dass sich die Schülerinnen und Schüler des ersten Messzeitpunktes mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 20.60 nicht

signifikant von den Schülerinnen und Schülern des dritten Messzeitpunktes mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 19.25 unterscheiden ($t(1376) = 1.04$, $p = .298$, $d = .062$). Die beiden Kohorten weisen somit auch ein ähnlich ausgeprägtes *Leseverständnis* auf. Dies gilt wie schon bei den *kognitiven Fähigkeiten* auch für die verschiedenen Teilstichproben, wie Tabelle 21 zeigt.

*Tabelle 21: Vergleich Prozentränge Leseverständnis für verschiedene Jahrgangsstufen MZP1 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| Zeit-punkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unter-schied |
|---|---|---|---|---|---|
| ÜB | $n_{MZP1} = 460$<br>$n_{MZP3} = 164$ | $M_{MZP1} = 19.65$<br>$M_{MZP3} = 17.12$ | $p = .993$ | $t(622) = 1.20$,<br>$p = .229$, $d = .109$ | nicht signifikant |
| ÜM2 | $n_{MZP1} = 100$<br>$n_{MZP3} = 134$ | $M_{MZP1} = 18.15$<br>$M_{MZP3} = 22.03$ | $p = .003$ | $t(231.35) = 1.58$,<br>$p = .115$, $d = .199$ | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1} = 423$<br>$n_{MZP3} = 97$ | $M_{MZP1} = 22.21$<br>$M_{MZP3} = 19.00$ | $p = .028$ | $t(163.75) = 1.51$,<br>$p = .134$, $d = .153$ | nicht signifikant |

Die Ergebnisse der verschiedenen t-Tests haben gezeigt, dass sich die beiden Kohorten bezogen auf beide Kontrollvariablen nicht voneinander unterscheiden. Deshalb werden diese Kontrollvariablen in die folgenden Vergleiche der gemessenen Kompetenzen im *Fachwissen* und in den *prozessbezogenen Kompetenzen* nicht mit einbezogen. Im Gegensatz zum Vergleich zwischen den Jahrgangsstufen in der Hauptstudie werden die ermittelten Personenfähigkeiten im *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen* hier folglich nicht mithilfe einer ANCOVA verglichen, die die Kontrollvariablen mit einbezieht. Stattdessen wird sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* je ein t-Test für unabhängige Stichproben durchgeführt, um verschiedene Teilstichproben miteinander zu vergleichen.

Um auf dieser Grundlage im Folgenden zu überprüfen, inwiefern sich die chemiebezogenen Kompetenzen zwischen den Schülerinnen und Schülern vor und nach den pandemiebedingten Schulschließungen voneinander unterscheiden, werden die im Gesamtmodell über alle Messzeitpunkte hinweg geschätzten Personenfähigkeiten herangezogen. Verglichen werden dabei die Personenfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum ersten Messzeitpunkt (vor den Schulschließungen) mit den Personenfähigkeiten der Schülerinnen und Schüler zum dritten Messzeitpunkt (nach den Schulschließungen). Zunächst wird nicht zwischen den verschiedenen Zeitpunkten innerhalb und nach der Übergangsphase unterschieden, sondern alle Daten der für diesen Vergleich zur Verfügung stehenden Zeitpunkte ÜB, ÜM2 und CB werden einbezogen. Abbildung 25 und Abbildung 26 zeigen diese Personenfähigkeiten der Messzeitpunkte 1 und 3 für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* im Vergleich.

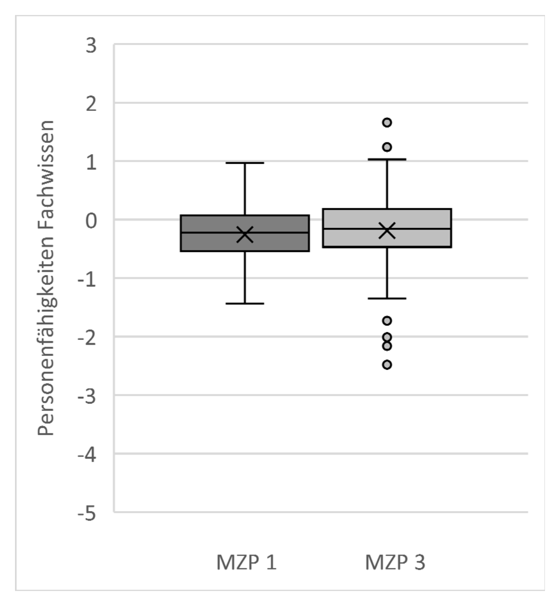



*Abbildung 25: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 1 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

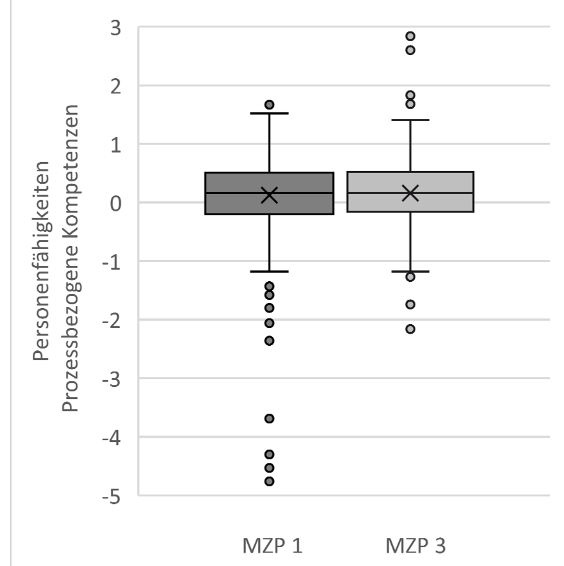



*Abbildung 26: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

Die Abbildungen zeigen sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* nur sehr geringe Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten. Um zu überprüfen, inwiefern diese Unterschiede statistisch signifikant sind, wird wie oben beschrieben je ein t-Test für unabhängige Stichproben für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* durchgeführt. Auf einen Einbezug der Kontrollvariablen als Kovariaten wird verzichtet, da die beiden Kohorten sich hinsichtlich dieser Kontrollvariablen nicht unterscheiden. Tabelle 22 zeigt die Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 22: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP1}$ = 972<br>$n_{MZP3}$ = 391 | $M_{MZP1}$ = -0.25<br>$M_{MZP3}$ = -0.19 | $p$ = .543 | $t$(1361) = 2.10,<br>$p$ = .036, $d$ = .126 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP1}$ = 969<br>$n_{MZP3}$ = 391 | $M_{MZP1}$ = 0.12<br>$M_{MZP3}$ = 0.16 | $p$ = .318 | $t$(1358) = 0.91,<br>$p$ = .365, $d$ = .054 |

Im t-Test für unabhängige Stichproben für den Kompetenzbereich *Fachwissen* zeigt sich ein signifikanter Unterschied mit einem kleinen Effekt zwischen den beiden Kohorten, wobei die Personenfähigkeiten wie bereits im Diagramm erkennbar vor den Schulschließungen (MZP 1) etwas geringer ausfallen als nach den Schulschließungen (MZP 3). Der t-Test für unabhängige Stichproben für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zeigt, dass

sich die Personenfähigkeiten vor den Schulschließungen nicht signifikant von den Personenfähigkeiten nach den Schulschließungen unterscheiden. Die beschriebenen Ergebnisse deuten darauf hin, dass es für die in der Grundschule erworbenen *prozessbezogenen Kompetenzen* in der Übergangsphase keine Rolle spielt, ob naturwissenschaftlicher Präsenzunterricht stattfand oder ob die Schülerinnen und Schüler auf Grund des Lockdowns während der Pandemie in den Naturwissenschaften nicht in Präsenz unterrichtet wurden. Im Bereich *Fachwissen* scheinen die Schülerinnen und Schüler, die nicht in Präsenz unterrichtet wurden, sogar einen leichten Vorteil gegenüber den Schülerinnen und Schülern mit naturwissenschaftlichem Präsenzunterricht zu haben. Eine mögliche Erklärung für diese Befunde liegt in der Qualität des Präsenzunterrichts im Vergleich zum Distanzunterricht bezogen auf den Kompetenzerwerb. Möglicherweise tragen sowohl der herkömmliche Präsenzunterricht als auch der im Zuge der Schulschließungen durchgeführte Distanzunterricht gleichermaßen zum Erwerb *prozessbezogener Kompetenzen* bei, während der Erwerb von Kompetenzen im Bereich *Fachwissen* im Distanzunterricht sogar besser gelingt als im Präsenzunterricht. Bei diesem Erklärungsansatz muss jedoch berücksichtigt werden, dass einige Schülerinnen und Schüler der Gesamtstichprobe vor den Datenerhebungen am Sachunterricht der Grundschule teilnahmen (Zeitpunkt ÜB), während andere Schülerinnen und Schüler zuvor am Unterricht in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern der Sekundarstufe I teilnahmen (Zeitpunkte ÜM2 und CB). Da sich hier auch Unterschiede im Präsenz- und Distanzunterricht der verschiedenen Schulformen zeigen könnten, werden die Teilstichproben, die sich auf die Zeitpunkte ÜB, ÜM2 und CB beziehen, im Folgenden auch getrennt voneinander analysiert. Diese Vorgehensweise liefert möglicherweise weitere Erklärungsansätze für die bisher beschriebenen Befunde und deren Hintergründe.

Abbildung 27 und Abbildung 28 zeigen zunächst die Personenfähigkeiten der beiden Messzeitpunkte 1 und 3 für den Beginn der Übergangsphase (ÜB) für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* im Vergleich.

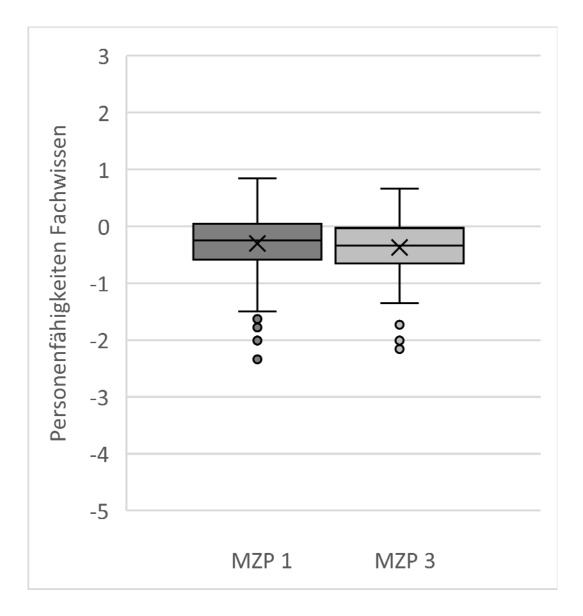



*Abbildung 27: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Beginn (ÜB) – Ergänzungsstudie*

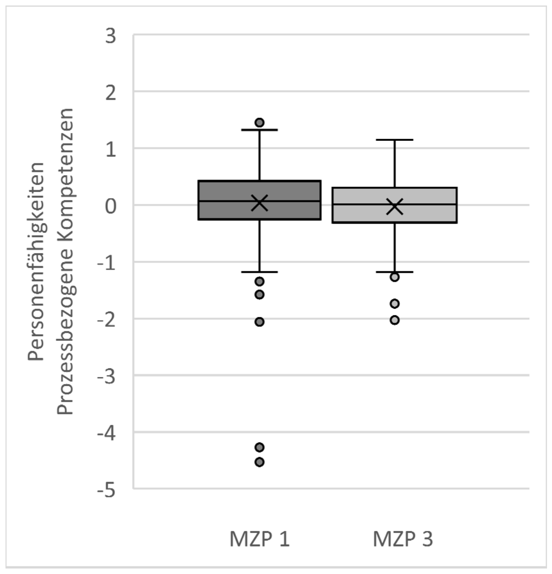



*Abbildung 28: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Beginn (ÜB) – Ergänzungsstudie*

In den Abbildungen wird deutlich, dass die Personenfähigkeiten zu Beginn der Übergangsphase sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* vor den Schulschließungen (MZP 1) etwas höher ausgeprägt sind als nach den Schulschließungen (MZP 3). Zur Überprüfung dieser in den Diagrammen sichtbaren Unterschiede wurden auch hier t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse dieser t-Tests für unabhängige Stichproben getrennt für das *Fachwissen* und für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 23: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Beginn (ÜB) – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP1}$ = 458<br>$n_{MZP3}$ = 171 | $M_{MZP1}$ = -0.30<br>$M_{MZP3}$ = -0.37 | $p$ = .596 | $t(627)$ = 1.51,<br>$p$ = .132, $d$ = .135 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP1}$ = 457<br>$n_{MZP3}$ = 171 | $M_{MZP1}$ = 0.04<br>$M_{MZP3}$ = -0.03 | $p$ = .338 | $t(626)$ = 1.27,<br>$p$ = .206, $d$ = .114 |

Der t-Test für unabhängige Stichproben für das *Fachwissen* zeigt im Gegensatz zur Gesamtstichprobe keinen signifikanten Unterschied zwischen dem ersten und dem dritten Messzeitpunkt. Für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zeigen sich wie auch in der Gesamtstichprobe ebenfalls keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten. Die in den Diagrammen für den Beginn der Übergangsphase sichtba-

ren Unterschiede sind also in beiden Fällen statistisch nicht signifikant. Für die chemiebezogenen Kompetenzen, über die Schülerinnen und Schüler zu Beginn dieser Übergangsphase zum Chemieunterricht verfügen und die sie folglich direkt aus dem Sachunterricht der Grundschule mitbringen, scheint es folglich keine Relevanz zu haben, ob der zuvor erteilte Sachunterricht in Präsenz stattfand oder nicht. Die Ausprägung der chemiebezogenen Kompetenzen ist in beiden Fällen ähnlich. Hierfür gibt es zwei mögliche Erklärungsansätze. Eine erste denkbare Erklärung ist, dass die Qualität des Sachunterrichts im Präsenzunterricht und im Distanzunterricht während des Lockdowns wie oben bereits vermutet vergleichbar war und die Schülerinnen und Schüler demzufolge im Präsenzunterricht vor der Pandemie dieselben Kompetenzen erwarben wie auch die Schülerinnen und Schüler im Distanzunterricht während des Lockdowns. Um diese These zu überprüfen, könnten zum Beispiel anhand von Befragungen von Sachunterrichtslehrkräften die Gemeinsamkeiten und Unterschiede des Sachunterrichts in Präsenz und in Distanz ermittelt und analysiert werden. Allerdings widerspräche diese Erklärung für die vergleichbaren Kompetenzstände vor und nach den Schulschließungen dem von Hammerstein et al. (2021) beschriebenen Befund, dass sich die Schulschließungen während der Corona-Pandemie insbesondere für jüngere Schülerinnen und Schüler negativ auf deren Schulleistungen auswirkten. Da es keine Hinweise darauf gibt, dass sich dieser Befund im Sachunterricht nicht bestätigen lässt, scheint diese Erklärung für die beobachteten Ergebnisse wenig plausibel. Eine weitere mögliche Erklärung für die vergleichbaren Kompetenzen zu beiden Messzeitpunkten könnte darin bestehen, dass die mithilfe des Testinstruments gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler nicht im Sachunterricht erworben wurden. Möglicherweise handelte es sich sowohl vor als auch nach den Schulschließungen um Kompetenzen, die die Lernenden außerhalb des Unterrichts zum Beispiel im familiären Kontext erwarben. Kähler et al. (2020) konnten beispielsweise in ihrer Studie zeigen, dass einige Merkmale der häuslichen Umgebung Einflüsse auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Kindern im Kindergartenalter haben. Es wäre denkbar, dass solche Faktoren auch bei Grundschülerinnen und Grundschülern eine Rolle spielen und naturwissenschaftliche Kompetenzen nicht nur durch die Schule, sondern auch durch das Elternhaus beeinflusst werden. Eine dadurch eher unsystematische und abhängig vom sozialen Umfeld unterschiedlich ausgeprägte Verfügbarkeit verschiedener Lerngelegenheiten würde auch das in der Hauptstudie dargestellte heterogene Bild der chemiebezogenen Kompetenzen zu Beginn der weiterführenden Schule erklären.

Nachdem die Kompetenzen vor und nach den Schulschließungen für den Beginn der Übergangsphase betrachtet wurden, zeigen Abbildung 29 und Abbildung 30 nun die Personenfähigkeiten beider Kohorten für die Jahrgangsstufe 7 an Schulen, an denen der Chemieunterricht erst in der Jahrgangsstufe 8 einsetzt (Zeitpunkt ÜM2), im Vergleich.

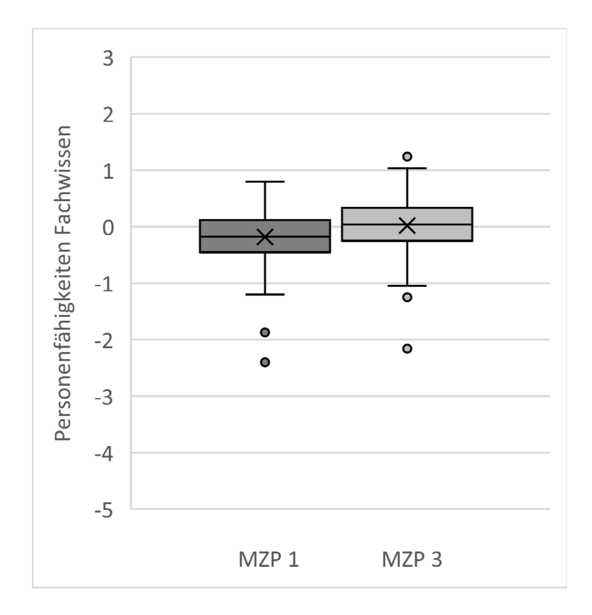



*Abbildung 29: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜM2) – Ergänzungsstudie*

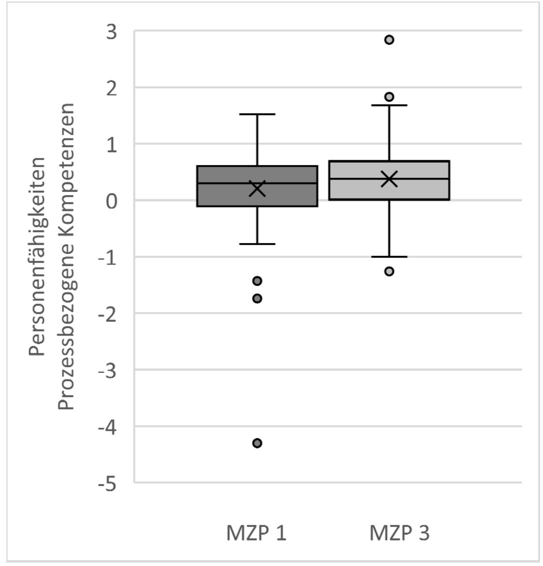



*Abbildung 30: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜB2) – Ergänzungsstudie*

In den Abbildungen wird deutlich, dass die Personenfähigkeiten zu diesem Zeitpunkt sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* vor den Schulschließungen (MZP 1) geringer ausgeprägt sind als nach den Schulschließungen (MZP 3). Auch die hier sichtbaren Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten wurden mittels t-Tests für unabhängige Stichproben überprüft. Tabelle 24 zeigt die Ergebnisse dieser für das *Fachwissen* sowie für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 24: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜM2) – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP1}$ = 102<br>$n_{MZP3}$ = 142 | $M_{MZP1}$ = -0.18<br>$M_{MZP3}$ = 0.02 | $p$ = .730 | $t(242) = 3.05$,<br>$p = .003$, $d = .396$ |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP1}$ = 102<br>$n_{MZP3}$ = 142 | $M_{MZP1}$ = 0.21<br>$M_{MZP3}$ = 0.38 | $p$ = .471 | $t(242) = 2.10$,<br>$p = .037$, $d = .273$ |

Der t-Test für unabhängige Stichproben für den Kompetenzbereich *Fachwissen* zeigt ähnlich wie in der Gesamtstichprobe einen hochsignifikanten Unterschied mit einem kleinen Effekt zwischen dem ersten und dem dritten Messzeitpunkt. Im t-Test für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zeigt sich hier im Gegensatz zur Gesamtstichprobe ebenfalls ein signifikanter Unterschied mit einem kleinen Effekt zwischen den beiden Messzeitpunkten. Die in den Diagrammen sichtbaren Unterschiede können hier folglich bestätigt werden. Für den Zeitpunkt zwei Jahre nach Beginn der Übergangsphase konnte

hier dementsprechend festgestellt werden, dass die Kompetenzen nach den Schulschließungen höher ausgeprägt sind als vor den Schulschließungen. Die im Sachunterricht erworbenen Kompetenzen scheinen zwei Jahre nach dem Übergang also besser ausgeprägt zu sein, wenn zuvor kein naturwissenschaftlicher Präsenzunterricht stattfand. Dieser Befund erklärt, warum sich bezogen auf die Gesamtstichprobe bereits Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten zumindest im *Fachwissen* gezeigt haben. Allerdings unterscheidet sich dieses Ergebnis deutlich von dem für den Beginn der Übergangsphase beschriebenen Ergebnis. Auch hier können die zwei oben beschriebenen Erklärungsansätze herangezogen werden. Geht man davon aus, dass die gemessenen Kompetenzen eher durch das häusliche Umfeld geprägt wurden, müsste dieser Einfluss in dieser Teilstichprobe sogar stärker sein als bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern zu Beginn der Übergangsphase. Führt man die gemessenen Kompetenzunterschiede auf Unterschiede zwischen dem Präsenz- und dem Distanzunterricht zurück, so scheint der während der Übergangsphase erteilte naturwissenschaftliche Unterricht die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler stärker zu fördern, wenn er in Distanz und nicht wie üblich in Präsenz erteilt wird. Bei beiden Erklärungsansätzen müssten sich ähnliche Befunde auch für die Schülerinnen und Schüler zeigen, die zu Beginn des Chemieunterrichts (CB) an der Erhebung teilnahmen. Diese Schülerinnen und Schüler sind nur unwesentlich älter als die hier beschriebene Stichprobe und nahmen zuvor ebenfalls am während der Übergangsphase erteilten naturwissenschaftlichen Unterricht teil. Deshalb werden im Folgenden auch die Kompetenzen dieser Teilstichprobe vergleichend gegenübergestellt. In Abbildung 31 und Abbildung 32 werden die Personenfähigkeiten der Kohorten des ersten und dritten Messzeitpunktes für diesen Zeitpunkt CB im Vergleich dargestellt.

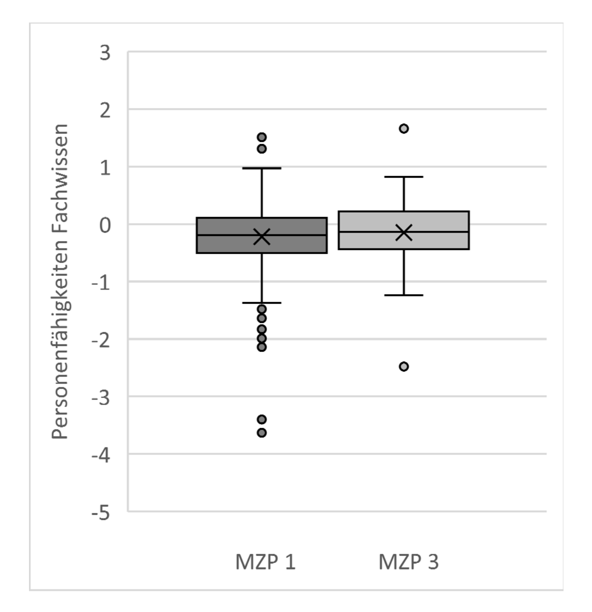



Abbildung 31: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 1 und MZP 3 – Chemie Beginn Lernjahr 1 (CB) – Ergänzungsstudie

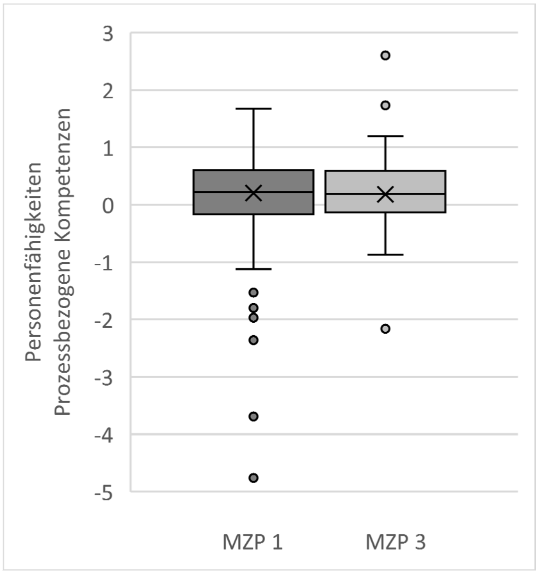



Abbildung 32: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Chemie Beginn Lernjahr 1 – Ergänzungsstudie

In den Abbildungen zeigen sich für den Beginn des Chemieunterrichts nur geringe Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten, wobei die Personenfähigkeiten im

*Fachwissen* nach den Schulschließungen (MZP 3) höher ausgeprägt sind, während sie in den *prozessbezogenen Kompetenzen* vor den Schulschließungen (MZP 1) höher ausgeprägt sind. Zur Überprüfung der in den Abbildungen sichtbaren Unterschiede wurden wie bereits für die vorherigen Teilstichproben auch hier t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. In Tabelle 25 sind die zugehörigen Ergebnisse für das *Fachwissen* sowie für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zu sehen.

*Tabelle 25: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Chemie Beginn Lernjahr 1 (CB) – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP1}$ = 412<br>$n_{MZP3}$ = 78 | $M_{MZP1}$ = -0.22<br>$M_{MZP3}$ = -0.15 | $p$ = .845 | $t(488) = 0.99$,<br>$p$ = .324, $d$ = .122 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP1}$ = 410<br>$n_{MZP3}$ = 78 | $M_{MZP1}$ = 0.20<br>$M_{MZP3}$ = 0.18 | $p$ = .507 | $t(486) = 0.29$,<br>$p$ = .773, $d$ = .036 |

Sowohl der t-Test für unabhängige Stichproben für das *Fachwissen* als auch der t-Test für die *prozessbezogenen Kompetenzen* zeigen für den Zeitpunkt CB im Gegensatz zum Zeitpunkt ÜM2 keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten. Zu Beginn des Chemieunterrichts sind die im Sachunterricht erworbenen Kompetenzen folglich gleich gut ausgeprägt, unabhängig davon, ob zuvor naturwissenschaftlicher Präsenzunterricht erteilt wurde oder nicht.

Dieser Befund ist vor dem Hintergrund der zuvor festgestellten Kompetenzunterschiede der Schülerinnen und Schüler in der Mitte der Übergangsphase (ÜM2) erwartungswidrig. Es erscheint nicht plausibel, dass ausschließlich in der Mitte der Übergangsphase in Jahrgangsstufe 7 die chemiebezogenen Kompetenzen derjenigen besser ausgeprägt sind, die zuvor keinen naturwissenschaftlichen Präsenzunterricht erhielten, während sowohl zu Beginn als auch zum Ende der Übergangsphase kein Unterschied in Abhängigkeit zum zuvor erteilten Präsenzunterricht festgestellt werden konnte. Aus diesem Grund wurden die Personenfähigkeiten zum Zeitpunkt ÜM2 genauer in den Blick genommen. Bei einem Vergleich der mittleren Personenfähigkeiten der einzelnen an der Datenerhebung beteiligten Klassen wurde deutlich, dass zum Messzeitpunkt 3 nach den Schulschließungen die drei Klassen, die im Vergleich zu den anderen Klassen die höchsten mittleren Personenfähigkeiten erreichten, drei Klassen einer Schule sind, die zum ersten Messzeitpunkt vor den Schulschließungen keine Klassen aus dieser Jahrgangsstufe für die Datenerhebung zur Verfügung stellen konnte. Die Personenfähigkeiten dieser drei Klassen unterscheiden sich zwar nicht von allen anderen Klassen signifikant, deskriptiv lässt sich jedoch zeigen, dass sie im Mittel höher ausgeprägt sind als in allen anderen Klassen. Entsprechende Diagramme, die diese leicht erhöhte Ausprägung der Personenfähigkeiten im Vergleich zu den anderen Klassen abbilden, befinden sich im Anhang in Abbildung 48 und Abbildung 49. Es liegt die Vermutung nahe, dass die chemiebezo-

genen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler dieser Schule etwas stärker ausgeprägt sind als an den anderen Schulen und dies in Kombination mit fehlenden Daten zu dieser Schule zum ersten Messzeitpunkt zu den insgesamt leicht nach oben verschobenen Personenfähigkeiten nach den Schulschließungen im Rahmen Corona-Pandemie führt. Um diese Vermutung zu überprüfen, wurden die t-Tests für unabhängige Stichproben für den Zeitpunkt ÜM2 erneut durchgeführt, wobei die drei Klassen der beschriebenen Schule aus den Berechnungen ausgeschlossen wurden. Abbildung 33 und Abbildung 34 zeigen diese in die Analysen einbezogenen Personenfähigkeiten im Vergleich.

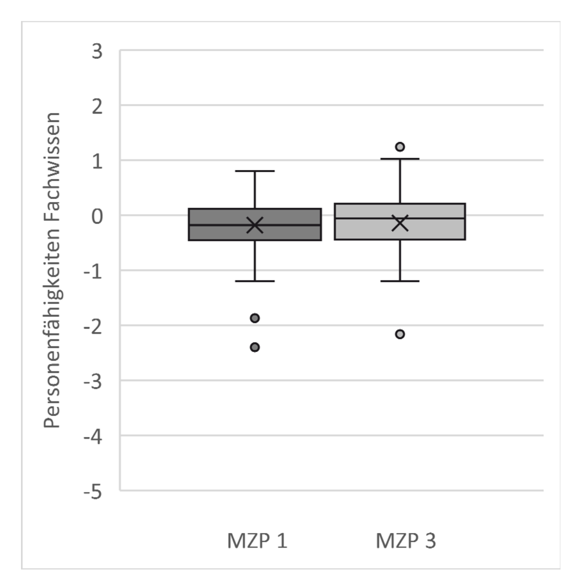



*Abbildung 33: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜM2) nach Ausschluss einer Schule – Ergänzungsstudie*

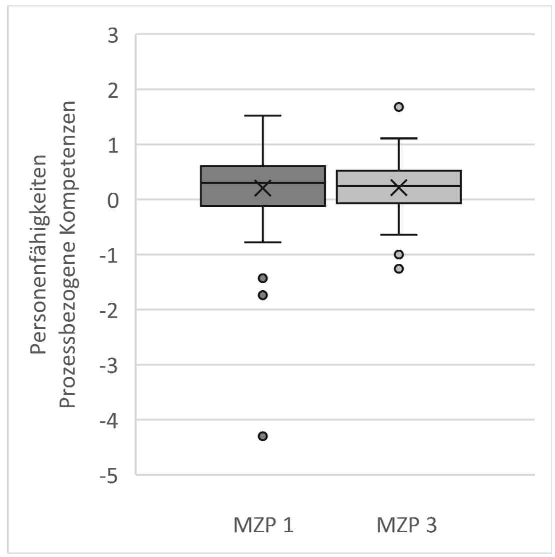



*Abbildung 34: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜM2) nach Ausschluss einer Schule – Ergänzungsstudie*

In den Abbildungen wird bereits deutlich, dass die Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten mit dieser verkleinerten Stichprobe geringer ausgeprägt sind als zuvor. Um diesen Unterschied statistisch zu überprüfen, wurden erneut t-Tests für unabhängige Stichproben durchgeführt. In Tabelle 26 befinden sich die Ergebnisse dieser t-Tests sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 26: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 1 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 2 (ÜM2) nach Ausschluss einer Schule – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP1}$ = 102<br>$n_{MZP3}$ = 73 | $M_{MZP1}$ = -0.18<br>$M_{MZP3}$ = -0.14 | $p$ = .539 | $t(173) = 0.50$,<br>$p = .618$, $d = .077$ |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP1}$ = 102<br>$n_{MZP3}$ = 73 | $M_{MZP1}$ = 0.21<br>$M_{MZP3}$ = 0.21 | $p$ = .172 | $t(173) = 0.07$,<br>$p = .942$, $d = .011$ |

Wie anhand der Diagramme bereits zu vermuten war, zeigt der t-Test für unabhängige Stichproben sowohl für den Kompetenzbereich *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* keinen signifikanten Unterschied mehr zwischen dem ersten und dem dritten Messzeitpunkt. Hier zeigt sich folglich nun derselbe Befund wie auch zu Beginn und zum Ende der Übergangsphase.

Demzufolge zeigen sich nicht nur zu Beginn, sondern auch während und zum Ende der Übergangsphase keine Unterschiede zwischen den vor und nach den Schulschließungen gemessenen Kompetenzen. Dies könnte genau wie bereits für den Beginn der Übergangsphase damit erklärt werden, dass der Unterricht in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern während der Übergangsphase den Kompetenzerwerb der Lernenden sowohl in Präsenz als auch in Distanz gleichermaßen fördert. Da die von Hammerstein et al. (2021) zusammengefassten Befunde zu den Auswirkungen der Schulschließungen während der Corona-Pandemie auf die Leistungen der Schülerinnen und Schüler zwar insbesondere für jüngere Lernende, aber trotzdem auch für Lernende der höheren Jahrgangsstufen gelten, scheint diese Erklärung aber auch hier wenig plausibel und müsste zum Beispiel anhand von Befragungen der Lehrkräfte zum naturwissenschaftlichen Unterricht in Präsenz und in Distanz weitergehend analysiert werden. Naheliegender ist es jedoch, dass sich keine Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten zeigen, weil der naturwissenschaftliche Unterricht während der Übergangsphase die aus der Grundschulzeit mitgebrachten chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ohnehin nur geringfügig beeinflusst. Wie in der Hauptstudie gezeigt werden konnte, verfügen die Schülerinnen und Schüler zum Ende der Übergangsphase im Mittel zwar über mehr dieser im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen als zu Beginn der Übergangsphase, es zeigt sich jedoch zum Ende der Übergangsphase nach wie vor ein sehr heterogenes Bild der vorhandenen Kompetenzen. Folglich wäre es auch in der Mitte und zum Ende der Übergangsphase denkbar, dass eher die im familiären Kontext erworbenen Kompetenzen gemessen wurden und keine oder kaum im naturwissenschaftlichen Unterricht während der Übergangsphase erworbenen Kompetenzen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es zu keinem Zeitpunkt der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht eine Rolle spielt, ob zuvor natur-

wissenschaftlicher Präsenzunterricht stattfand oder nicht. Unabhängig davon, ob der Sachunterricht im letzten Grundschuljahr in Präsenz erteilt wurde oder nicht, bringen die Schülerinnen und Schüler dieselben chemiebezogenen Kompetenzen aus dem Sachunterricht der Grundschule mit in die weiterführende Schule. Die Kompetenzen sind zudem auch während und zum Ende der Übergangsphase zum Chemieunterricht unabhängig davon, ob zuvor naturwissenschaftlicher Unterricht in Präsenz stattfand oder nicht, gleichermaßen ausgeprägt.

### 8.4.3 Messergebnisse verschiedener Erhebungsdesigns im Vergleich

Nachdem zuvor die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler vor mit denen nach den Schulschließungen im Rahmen der Pandemie verglichen wurden, werden im Folgenden die Messergebnisse der zu Hause nach einer längeren Zeit ohne Präsenzunterricht bearbeiteten Testhefte (MZP 2) mit den in der Schule ebenfalls nach einer längeren Zeit ohne Präsenzunterricht bearbeiteten Testhefte (MZP 3) verglichen. Hierzu liegen Daten zur Mitte der Übergangsphase (ÜM1), zum Beginn des Chemieunterrichts (CB) und zum Ende des ersten Lernjahres im Chemieunterricht (CE) vor. Vor dem Vergleich der chemiebezogenen Kompetenzen zu beiden Messzeitpunkten wird zunächst die Vergleichbarkeit der beteiligten Kohorten beider Messzeitpunkte anhand der Kontrollvariablen *kognitive Fähigkeiten* und *Leseverständnis* überprüft.

Für den Vergleich der *kognitiven Fähigkeiten* wurden auch hier aufgrund der einheitlichen Skalierung über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg die im KFT ermittelten Summenscores herangezogen. Zum Vergleich der beiden Kohorten wurden diese Summenscores mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Für den Messzeitpunkt 2 liegen insgesamt Daten von 381 Schülerinnen und Schülern vor. Da der KFT aufgrund der Annahme, dass die *kognitiven Fähigkeiten* ein stabiles Merkmal sind, zum zweiten Messzeitpunkt nicht erneut eingesetzt wurde, handelt es sich hierbei um die zum ersten Messzeitpunkt erhobenen KFT-Daten derselben Schülerinnen und Schüler. Für den Messzeitpunkt 3 existieren insgesamt Daten von 405 Lernenden. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität konnte erfüllt werden ($p$ = .942). Es zeigte sich, dass sich die Schülerinnen und Schüler des zweiten Messzeitpunktes mit einem Mittelwert von 9.46 hochsignifikant mit einem kleinen Effekt von den Schülerinnen und Schülern des dritten Messzeitpunktes mit einem Mittelwert von 8.31 unterscheiden ($t(784) = 2.87$, $p = .004$, $d = .205$). Die *kognitiven Fähigkeiten* der beiden Kohorten sind folglich unterschiedlich stark ausgeprägt und müssen auf dieser Grundlage in die folgenden Analysen als Kovariate in eine ANCOVA einbezogen werden. Bei separater Betrachtung der Teilstichproben für die Mitte der Übergangsphase (Zeitpunkt ÜM1), den Beginn des Chemieunterrichts (Zeitpunkt CB) und das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie (Zeitpunkt CE) fällt auf, dass sich der insgesamt beobachtete hochsignifikante Unterschied zugunsten der Lernenden des zweiten Messzeitpunktes nur zum Zeitpunkt ÜM1 zeigt, während es zu den Zeitpunkten CB und CE, also zu Beginn und zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie, keine signifikanten Unterschiede gibt. Bei der Teilstichprobe des zweiten Messzeitpunktes, die sich auf den Zeitpunkt ÜM1 bezieht, handelt es sich um dieselbe Kohorte, die in der Hauptstudie die Jahrgangsstufe 5 repräsentierte und bereits dort im Vergleich zu der anderen betrachteten Kohorte durch höher ausgeprägte kognitive Fähigkeiten auffiel. Demzufolge ist es nicht überraschend, dass

diese Kohorte auch hier über höher ausgeprägte kognitive Fähigkeiten verfügt. Der Einbezug der Kontrollvariable *kognitive Fähigkeiten* als Kovariate in die weiteren Analysen ist infolgedessen nur bezogen auf die Gesamtstichprobe und auf die Teilstichprobe des Zeitpunktes ÜM1 erforderlich, nicht aber für die Teilstichproben der Zeitpunkte CB und CE. Die Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben für die drei Zeitpunkte ÜM1, CB und CE können der Tabelle 27 entnommen werden.

*Tabelle 27: Vergleich Summenscores KFT für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 2 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| **Zeitpunkt** | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** | **Unterschied** |
|---|---|---|---|---|---|
| ÜM1 | $n_{MZP2}$ = 176<br>$n_{MZP3}$ = 135 | $M_{MZP2}$ = 10.56<br>$M_{MZP3}$ = 8.92 | $p$ = .015 | $t$(261.52) = 2.60,<br>$p$ = .010, $d$ = .304 | hochsignifikant, kleiner Effekt |
| CB | $n_{MZP2}$ = 46<br>$n_{MZP3}$ = 99 | $M_{MZP2}$ = 8.09<br>$M_{MZP3}$ = 6.68 | $p$ = .152 | $t$(143) = 1.52,<br>$p$ = .131, $d$ = .271 | nicht signifikant |
| CE | $n_{MZP2}$ = 159<br>$n_{MZP3}$ = 171 | $M_{MZP2}$ = 8.65<br>$M_{MZP3}$ = 8.78 | $p$ = .003 | $t$(312.59) = 0.20,<br>$p$ = .841, $d$ = .022 | nicht signifikant |

Der Vergleich des *Leseverständnisses* erfolgt analog zum vorherigen Teilkapitel auf Basis der im LGVT ermittelten Prozentränge für das *Leseverständnis*, da diese wie oben beschrieben an die Jahrgangsstufe angepasst sind. Auch diese Werte werden zunächst für die Lernenden aller drei Zeitpunkte ÜM1, CB und CE gemeinsam betrachtet. Dabei werden die Messzeitpunkte 2 (zu Hause bearbeitet) und 3 (im Präsenzunterricht bearbeitet) miteinander verglichen. Im Gegensatz zum KFT wurde der LGVT zu allen drei Messzeitpunkten bearbeitet. Bei den LGVT-Daten des zweiten Messzeitpunktes handelt es sich folglich im Gegensatz zu den KFT-Daten tatsächlich um Daten, die zu Hause unterstützt durch das Instruktionsvideo erhoben wurden. Zur Überprüfung der Unterschiede im Leseverständnis zwischen den beiden Messzeitpunkten werden die Prozentränge des LGVTs mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Der LGVT wurde zum zweiten Messzeitpunkt von insgesamt 280 Lernenden und in den vergleichbaren Jahrgangsstufen zum dritten Messzeitpunkt von insgesamt 397 Lernenden bearbeitet. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität wurde nicht erfüllt, wie der Levene-Test zeigt ($p$ < .001). Die Freiheitsgrade mussten demzufolge korrigiert werden. Die Ergebnisse des t-Tests zeigen, dass sich die Schülerinnen und Schüler des zweiten Messzeitpunktes mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 42.10 höchstsignifikant mit einem großen Effekt von den Schülerinnen und Schülern des dritten Messzeitpunktes mit einem durchschnittlichen Prozentrang von 19.42 unterscheiden ($t$(454.087) = 10.347, $p$ <.001, $d$ = .862). Die Ausprägung des Leseverständnisses unterscheidet sich folglich zwischen den Lernenden, die die Testhefte zu Hause bearbeiteten, und denen, die die Testhefte in der Schule bearbeiteten. Dies gilt im Gegensatz zu den *kognitiven Fähigkeiten* hier auch für alle beteiligten Zeitpunkte (ÜM1, CB und CE) separat, wie Tabelle 28 zeigt.

*Tabelle 28: Vergleich Prozentränge Leseverständnis für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 2 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| Zeit-punkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unter-schied |
|---|---|---|---|---|---|
| ÜM1 | $n_{MZP2}$ = 123<br>$n_{MZP3}$ = 136 | $M_{MZP2}$ = 43.25<br>$M_{MZP3}$ = 17.97 | $p < .001$ | $t(210.571) = 7.43$, $p < .001$, $d = .942$ | höchstsignifikant, großer Effekt |
| CB | $n_{MZP2}$ = 27<br>$n_{MZP3}$ = 97 | $M_{MZP2}$ = 42.33<br>$M_{MZP3}$ = 19.00 | $p < .001$ | $t(29.944) = 3.31$, $p = .002$, $d = 1.015$ | hochsignifikant, großer Effekt |
| CE | $n_{MZP2}$ = 130<br>$n_{MZP3}$ = 164 | $M_{MZP2}$ = 40.96<br>$M_{MZP3}$ = 20.88 | $p < .001$ | $t(231.558) = 6.07$, $p < .001$, $d = .737$ | höchstsignifikant, großer Effekt |

Aufgrund der Tatsache, dass sich beide Kohorten in Bezug auf beide Kontrollvariablen unterscheiden, müssten diese auch beide bei den Analysen der chemiebezogenen Kompetenzen als Kovariaten berücksichtigt werden. Aufgrund der unterschiedlichen Testbedingungen der beiden Kohorten und der daraus resultierenden mangelnden Durchführungsobjektivität lässt sich jedoch für den LGVT nicht eindeutig feststellen, ob die Unterschiede zwischen den Kohorten tatsächlich durch ein unterschiedlich ausgeprägtes *Leseverständnis* zustande kommen, oder ob die unterschiedlichen Testbedingungen zu den verschiedenen Ergebnissen führten. Bei der Auswertung der von zu Hause aus bearbeiteten LGVT-Hefte fiel auf, dass häufig der gesamte dort präsentierte Text bearbeitet wurde, obwohl der Test so konzipiert ist, dass das korrekte Beantworten aller Items innerhalb der vorgegebenen sechs Minuten nur sehr wenigen Schülerinnen und Schülern gelingen kann (Schneider et al., 2017). Dies lässt vermuten, dass sich viele Schülerinnen und Schüler beim Bearbeiten des LGVTs zu Hause nicht an die vorgegebene Zeit von sechs Minuten hielten und stattdessen den gesamten Text in einem selbst gewählten Zeitraum bearbeiteten. Daraus resultieren entsprechend höhere Prozentränge als bei einem von einer Testleiterin oder einem Testleiter in der Schule durchgeführten LGVT. Aus diesem Grund wurden die LGVT-Daten beim Vergleich der chemiebezogenen Kompetenzen der beiden Kohorten nicht weiter berücksichtigt. Die beschriebenen Hinweise auf eine möglicherweise nicht regelkonforme Bearbeitung der Testhefte gelten nur für die LGVT-Daten und nicht für die zuvor beschriebenen KFT-Daten. Wie oben bereits beschrieben, handelt es sich bei den KFT-Daten der Schülerinnen und Schüler aufgrund der Annahme der zeitlichen Stabilität kognitiver Fähigkeiten nicht um neu erhobene Daten, sondern um die aus dem ersten Messzeitpunkt übertragenen Daten. Diese wurden folglich unter denselben Bedingungen erhoben wie auch zum Messzeitpunkt 3. Die KFT-Daten wurden dementsprechend aufgrund der beobachteten Unterschiede zwischen den Kohorten beim Vergleich des *Fachwissens* und der *prozessbezogenen Kompetenzen* wie oben beschrieben als Kovariate berücksichtigt. Es liegen jedoch für den zweiten Messzeitpunkt bei insgesamt 115 von 496 Schülerinnen und Schülern keine KFT-Daten vor und für den dritten Messzeitpunkt existieren für 69 der insgesamt 414 Lernenden keine Daten der Tests zum *Fachwissen* und zu den *prozessbezogenen Kompetenzen*. Aus diesem Grund wird jeweils zuerst ein t-Test für unabhängige Stichproben ohne Berücksichtigung der *kognitiven Fähigkeiten* durchgeführt, damit die gesamte Stichprobe verglichen werden kann. Anschließend wird ergänzend eine ANCOVA berechnet, die

zumindest für die verkleinerte Stichprobe derjenigen, die jeweils beide Tests bearbeiteten, die *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate einbezieht. Für die ANCOVA werden wie auch bei der Überprüfung der Qualität des Messinstruments die im Rasch-Modell geschätzten Personenfähigkeiten des KFT verwendet. Abbildung 35 und Abbildung 36 zeigen zunächst die Personenfähigkeiten aller Schülerinnen und Schüler – noch nicht getrennt nach den Zeitpunkten ÜM1, CB und CE – zum zweiten und dritten Messzeitpunkt im Vergleich. Bei diesen Personenfähigkeiten handelt es sich analog zum vorherigen Teilkapitel jeweils um die im Gesamtmodell über alle Messzeitpunkte hinweg geschätzten Personenfähigkeiten für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

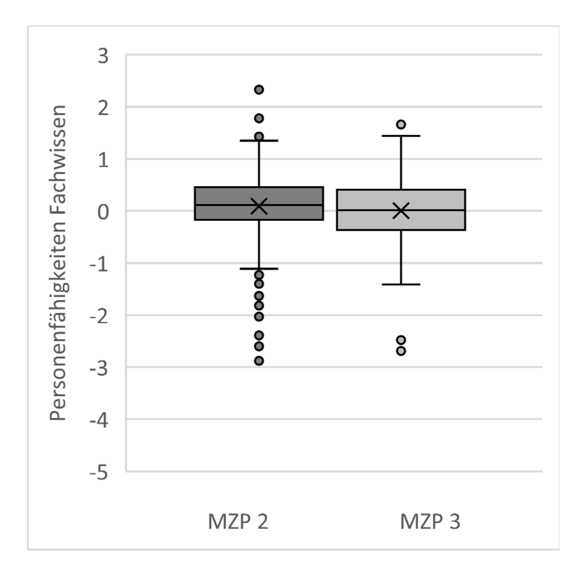



*Abbildung 35: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 2 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

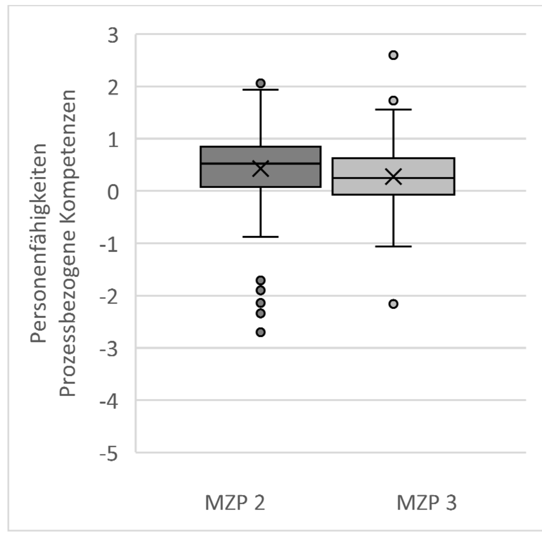



*Abbildung 36: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

Wie den Abbildungen zu entnehmen ist, sind die Personenfähigkeiten derjenigen, die die Testhefte von zu Hause aus bearbeiteten (MZP 2), etwas höher ausgeprägt als die Personenfähigkeiten derjenigen, die an der Testung im Präsenzunterricht teilnahmen (MZP 3). Um zu überprüfen, ob dieser Unterschied statistisch signifikant ist, werden die Personenfähigkeiten sowohl mithilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben, der die gesamte Stichprobe einbezieht, als auch mithilfe der ANCOVA unter Berücksichtigung der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate für die verkleinerte Stichprobe, miteinander verglichen. Tabelle 29 zeigt die Ergebnisse dieser Vergleiche der Personenfähigkeiten sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 29: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – t-Test für unabhängige Stichproben und ANCOVA mit Einbezug der kognitiven Fähigkeiten als Kontrollvariable – Ergänzungsstudie*

| | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | Vergleich |
|---|---|---|---|---|
| **t-Test (Fachwissen)** | $n_{MZP2}$ = 495<br>$n_{MZP3}$ = 345 | $M_{MZP2}$ = 0.09<br>$M_{MZP3}$ = 0.01 | $p$ = .517 | $t(838) = 1.98$,<br>$p = .048$, $d = .139$ |
| **ANCOVA (Fachwissen)** | $n_{MZP2}$ = 381<br>$n_{MZP3}$ = 339 | $M_{MZP2}$ = 0.09<br>$M_{MZP3}$ = 0.01 | $p$ = .909 | $F(1, 717) = 4.05$,<br>$p = .045$,<br>partielles $\eta^2 = .006$ |
| **t-Test (prozessbezogene Kompetenzen)** | $n_{MZP2}$ = 490<br>$n_{MZP3}$ = 345 | $M_{MZP2}$ = 0.43<br>$M_{MZP3}$ = 0.28 | $p$ = .001 | $t(832.999) = 3.55$,<br>$p = .001$, $d = .235$ |
| **ANCOVA (prozessbezogene Kompetenzen)** | $n_{MZP2}$ = 378<br>$n_{MZP3}$ = 339 | $M_{MZP2}$ = 0.48<br>$M_{MZP3}$ = 0.28 | $p$ < .001 | $F(1, 714) = 24.46$,<br>$p < .001$,<br>partielles $\eta^2 = .033$ |

Im t-Test für unabhängige Stichproben für den Kompetenzbereich *Fachwissen* zeigt sich ein signifikanter Unterschied mit einem kleinen Effekt zwischen den beiden Kohorten, wobei die Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt etwas höher ausfallen als zum dritten Messzeitpunkt. Ähnliches ist auch in der ANCOVA mit der verkleinerten Stichprobe zu beobachten. Diese bezieht die *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate mit ein. Es zeigt sich, dass sich die Personenfähigkeiten nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* ebenfalls signifikant mit einem sehr kleinen Effekt voneinander unterscheiden. Beim t-Test für unabhängige Stichproben für die *prozessbezogenen Kompetenzen* konnte die Voraussetzung der Homogenität der Varianzen nicht erfüllt werden. Aus diesem Grund wurden die Freiheitsgrade korrigiert. Der t-Test für unabhängige Stichproben zeigt, dass sich die Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt hochsignifikant mit einem kleinen Effekt von den Personenfähigkeiten zum dritten Messzeitpunkt unterscheiden. Dabei fallen die Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt höher aus als zum dritten Messzeitpunkt. Auch hier zeigt sich bei Einbezug der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate ein ähnliches Bild in der ANCOVA mit der verkleinerten Stichprobe. Die Voraussetzung der Varianzhomogenität konnte hier ebenfalls nicht erfüllt werden. Wie in Kapitel 5 bereits beschrieben, wird bei einer ANCOVA im Gegensatz zu einem t-Test davon ausgegangen, dass diese insbesondere bei ähnlich großen Stichproben robust gegenüber der Verletzung der Voraussetzung der Varianzhomogenität ist (Bühner & Ziegler, 2017; Field, 2005), weshalb sie hier trotz der nicht erfüllten Voraussetzung durchgeführt wird. In der ANCOVA zeigt sich, dass sich die Personenfähigkeiten nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* ebenfalls höchstsignifikant mit einem kleinen bis mittleren Effekt voneinander unterscheiden. Die beschriebenen Ergebnisse zeigen insgesamt sowohl mit als auch ohne Einbezug der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate, dass die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte zu Hause bearbeiteten,

im Mittel höhere Personenfähigkeiten erreichten als die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte in der Schule bearbeiteten.

Ein möglicher Grund für diesen Befund ist die bereits bei den LGVT-Ergebnissen getätigte Beobachtung, dass die vorgegebenen Durchführungsbedingungen in der asynchron von zu Hause aus durchgeführten Datenerhebung nicht eingehalten wurden. Es ist denkbar, dass auch bei der Bearbeitung der Tests zum *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen* die Durchführungsbedingungen nicht wie vorgesehen umgesetzt wurden. Diese Tests waren im Gegensatz zum LGVT nicht abhängig von einer bestimmten Bearbeitungszeit. Dadurch lassen sich mögliche Verletzungen der vorgegebenen Durchführungsbedingungen hier nicht direkt anhand der Rohdaten belegen. Dennoch ist es nicht auszuschließen, dass auch bei der Bearbeitung dieser Testhefte nicht alle vorgegebenen Regeln zur Bearbeitung eingehalten wurden. Es wäre also möglich, dass die Schülerinnen und Schüler sich nicht nur über die vorgegebenen Zeitfenster hinwegsetzten, sondern auch andere Regeln wie beispielsweise das Bearbeiten der Testitems ohne fremde Hilfe oder andere Hilfsmittel missachteten und sie dadurch gegenüber den Lernenden, die im Präsenzunterricht an der Datenerhebung teilnahmen, Vorteile in der Bearbeitung der Aufgaben hatten. Solche Verletzungen der Durchführungsbedingungen lassen sich im Nachhinein nicht überprüfen. Andererseits ist auch zu berücksichtigen, dass sich im Rating-Scale-Modell sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen* bei den zu Hause bearbeiteten Items höhere Personenreliabilitäten zeigten. Dies spricht dafür, dass die Items zu Hause gewissenhafter bearbeitetet wurden als in der Schule. Hier lässt sich also vermuten, dass sich die zu Hause vorherrschenden Bedingungen auch positiv auf die Genauigkeit der Testergebnisse auswirken. Möglicherweise werden die Schülerinnen und Schüler dort weniger abgelenkt als in einer Datenerhebung in einem Raum mit der gesamten Klasse und können sich besser auf die Bearbeitung der Items konzentrieren und erzielen in Konsequenz auch bessere Ergebnisse.

Bisher wurden die Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten bezogen auf die gesamte Stichprobe der beiden Messzeitpunkte 2 und 3 betrachtet. Dabei waren jedoch die Effektstärken der gemessenen Unterschiede eher gering. Aus diesem Grund sollen die beschriebenen Unterschiede im Folgenden genauer in den Blick genommen werden. Dazu werden die Mitte der Übergangsphase (ÜM1), der Beginn des Chemieunterrichts (CB) und das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie (CE) auch separat betrachtet und es werden auch hier t-Tests für unabhängige Stichproben sowie für den Zeitpunkt ÜM1 aufgrund der unterschiedlich ausgeprägten KFT-Ergebnisse in dieser Teilstichprobe eine ANCOVA mit Berücksichtigung der *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate durchgeführt. Abbildung 37 und Abbildung 38 zeigen zunächst die Personenfähigkeiten beider Kohorten für den Zeitpunkt ÜM1 und damit für die Mitte der Übergangsphase im Vergleich zwischen den Messzeitpunkten 2 und 3.

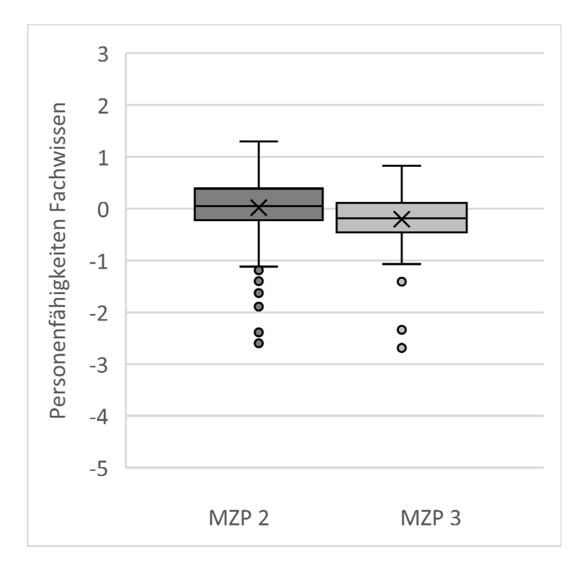



*Abbildung 37: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 2 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 1 (ÜM1) – Ergänzungsstudie*

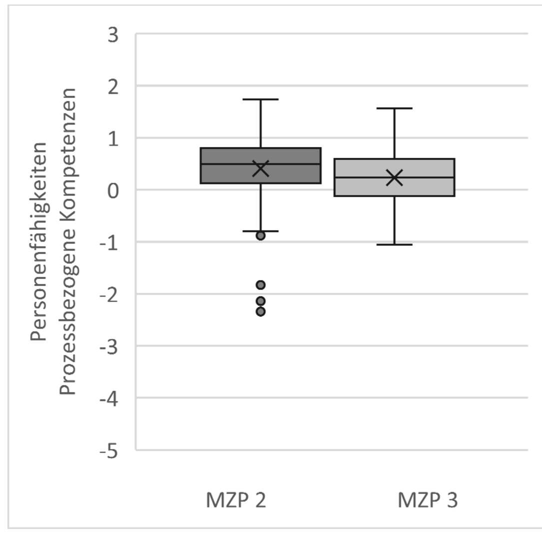



*Abbildung 38: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Übergangsphase Mitte 1 (ÜM1) – Ergänzungsstudie*

Aus den Abbildungen wird ersichtlich, dass auch für die Mitte der Übergangsphase (ÜM1) sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* die Personenfähigkeiten höher ausgeprägt sind, wenn die Testhefte zu Hause bearbeitet wurden. Tabelle 30 zeigt zur Überprüfung dieser beobachteten Unterschiede auch für diese Teilstichprobe die zugehörigen Vergleiche der Personenfähigkeiten sowohl mithilfe des t-Tests für unabhängige Stichproben für die Betrachtung der gesamten Stichprobe des Zeitpunkts ÜM1 als auch mithilfe der ANCOVA unter Berücksichtigung der kognitiven Fähigkeiten als Kovariate für die verkleinerte Stichprobe.

*Tabelle 30: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – t-Test für unabhängige Stichproben und ANCOVA mit Einbezug der kognitiven Fähigkeiten als Kontrollvariable – Übergangsphase Mitte 1 (ÜM1) – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **Vergleich** |
|---|---|---|---|---|
| **t-Test (Fachwissen)** | $n_{MZP2}$ = 223<br>$n_{MZP3}$ = 131 | $M_{MZP2}$ = 0.02<br>$M_{MZP3}$ = -0.20 | $p$ = .344 | $t(352) = 3.60$,<br>$p < .001$, $d = .396$ |
| **ANCOVA (Fachwissen)** | $n_{MZP2}$ = 176<br>$n_{MZP3}$ = 126 | $M_{MZP2}$ = 0.03<br>$M_{MZP3}$ = -0.20 | $p$ = .565 | $F(1, 299) = 12.10$,<br>$p = .001$,<br>partielles $\eta^2 = .039$ |
| **t-Test (prozessbezogene Kompetenzen)** | $n_{MZP2}$ = 222<br>$n_{MZP3}$ = 131 | $M_{MZP2}$ = 0.41<br>$M_{MZP3}$ = 0.23 | $p$ = .208 | $t(351) = 2.92$,<br>$p = .004$, $d = .322$ |
| **ANCOVA (prozessbezogene Kompetenzen)** | $n_{MZP2}$ = 176<br>$n_{MZP3}$ = 126 | $M_{MZP2}$ = 0.42<br>$M_{MZP3}$ = 0.24 | $p$ = .113 | $F(1, 299) = 8.96$,<br>$p = .003$,<br>partielles $\eta^2 = .029$ |

Wie bereits in der Gesamtstichprobe bestätigen die Ergebnisse der Tests auch für die Mitte der Übergangsphase (ÜM1), dass die Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt im Mittel höher ausgeprägt sind als zum dritten Messzeitpunkt. Im t-Test für unabhängige Stichproben für den Kompetenzbereich *Fachwissen* zeigt sich ein höchstsignifikanter Unterschied mit einem kleinen bis mittleren Effekt zugunsten der Kohorte des Messzeitpunktes 2. Dieses Bild bestätigt auch die ANCOVA, die die *kognitiven Fähigkeiten* als Kovariate berücksichtigt. Es zeigt sich, dass es nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* einen hochsignifikanten Unterschied mit einem kleinen bis mittleren Effekt zwischen den Personenfähigkeiten gibt. Bei den *prozessbezogenen Kompetenzen* zeigt der t-Test für unabhängige Stichproben wie bereits beim *Fachwissen*, dass sich die höher ausgeprägten Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt hochsignifikant mit einem kleinen bis mittleren Effekt von den Personenfähigkeiten zum dritten Messzeitpunkt unterscheiden. Auch dieser Befund zeigt sich in der ANCOVA unter Berücksichtigung der *kognitiven Fähigkeiten*. Die Personenfähigkeiten zum zweiten Messzeitpunkt unterscheiden sich hier nach Bereinigung um die *kognitiven Fähigkeiten* hochsignifikant mit einem kleinen bis mittleren Effekt von den Personenfähigkeiten zum dritten Messzeitpunkt. Auch bei separater Betrachtung der Mitte der Übergangsphase erreichten folglich die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte zu Hause bearbeiteten, höhere Personenfähigkeiten im *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen* als die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte in der Schule bearbeiteten. Für diese Kohorte an Schülerinnen und Schülern bestätigt sich folglich auch die Vermutung, dass die zu Hause bearbeiteten Testhefte möglicherweise unter veränderten Durchführungsbedingungen ausgefüllt wurden, die zu einer gewissenhafteren Bearbeitung und damit zu besseren Ergebnissen führten als bei einer Datenerhebung im Präsenzunterricht in

der Schule. Ob sich dies auch für die älteren Schülerinnen und Schüler zum Beginn und zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie bestätigen lässt, wird im Folgenden betrachtet.

Analog zu den bisherigen Ausführungen zeigen nun Abbildung 39 und Abbildung 40 die Personenfähigkeiten im *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen* für den Zeitpunkt CB, also für den Beginn des Chemieunterrichts, im Vergleich.

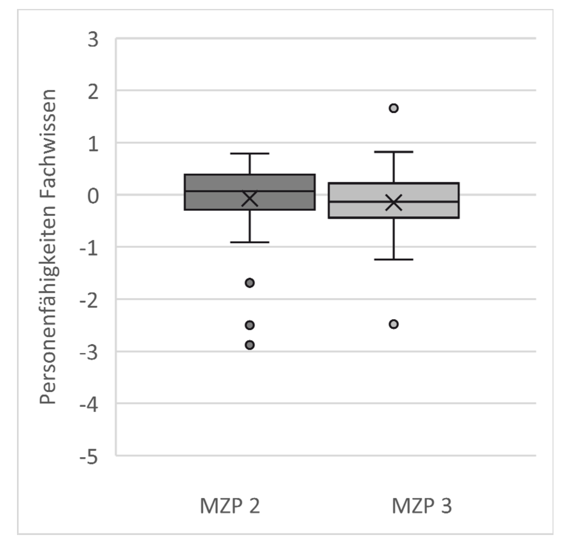



*Abbildung 39: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Beginn Lernjahr 1 (CB) – Ergänzungsstudie*

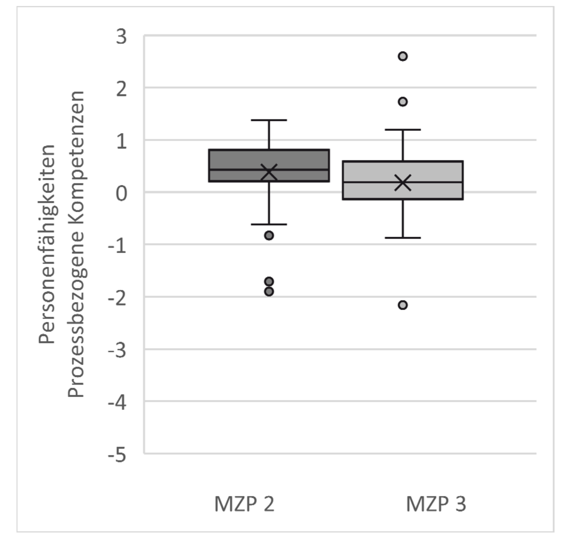



*Abbildung 40: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Beginn Lernjahr 1 (CB) – Ergänzungsstudie*

Die Abbildungen zeigen wie zuvor für den Zeitpunkt ÜM1 nun auch für den Zeitpunkt CB, dass die Kompetenzen der Lernenden zum zweiten Messzeitpunkt höher ausgeprägt sind als zum dritten Messzeitpunkt. Auch diese Beobachtung wird mithilfe von t-Tests für unabhängige Stichproben überprüft. Auf eine ANCOVA wird hier aufgrund der Ähnlichkeit der Teilstichproben bezüglich der *kognitiven Fähigkeiten* verzichtet. In Tabelle 31 befinden sich die Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben sowohl für das *Fachwissen* als auch für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 31: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Beginn Lernjahr 1 (CB) – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | **Stichprobe** | **Mittelwerte** | **Levene-Test** | **t-Test** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP2} = 48$<br>$n_{MZP3} = 78$ | $M_{MZP2} = -0.07$<br>$M_{MZP3} = -0.15$ | $p = .442$ | $t(124) = 0.68$,<br>$p = .498$, $d = .125$ |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP2} = 47$<br>$n_{MZP3} = 78$ | $M_{MZP2} = 0.38$<br>$M_{MZP3} = 0.18$ | $p = .999$ | $t(123) = 1.73$,<br>$p = .086$, $d = .320$ |

Der t-Test für unabhängige Stichproben für das *Fachwissen* zeigt keinen signifikanten Unterschied zwischen dem zweiten und dem dritten Messzeitpunkt. Auch beim Vergleich der Personenfähigkeiten in den *prozessbezogenen Kompetenzen* ist hier kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Messzeitpunkten zu verzeichnen. Dass sich in diesem t-Test trotz des nicht signifikanten Ergebnisses eine kleine bis mittlere Effektstärke zeigt, könnte darauf hinweisen, dass die statistische Power des Tests an dieser Stelle nicht groß genug ist, um Gruppenunterschiede feststellen zu können. Bei der statistischen Power handelt es sich um die Wahrscheinlichkeit, mit der ein statistisch signifikantes Ergebnis ermittelt werden kann, sofern dieses vorliegt (Field, 2005). Diese statistische Power kann laut Field (2005) unter anderem durch die Stichprobengröße beeinflusst werden. Da die Stichproben für den hier betrachteten Zeitpunkt CB eher klein sind und die im Verhältnis zu dem nicht signifikanten Ergebnis verhältnismäßig große Effektstärke auffällig ist, wurde an dieser Stelle eine Poweranalyse für die vorliegende Stichprobe und die dort ermittelten Mittelwerte und Standardabweichungen durchgeführt. Dabei zeigte sich nur eine geringe Wahrscheinlichkeit von 38.3 % dafür, dass ein Unterschied zwischen den Gruppen festgestellt werden kann, falls dieser vorliegt. Es ist also trotz des nicht signifikanten Ergebnisses nicht auszuschließen, dass ein Unterschied auch in dieser Jahrgangsstufe vorliegt. Nachweisen lässt sich ein solcher statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Lernenden, die die Testhefte von zu Hause aus bearbeiteten, und denen, die die Testhefte in der Schule bearbeiteten, für den Beginn des Chemieunterrichts jedoch nicht. Ein möglicher Grund dafür, dass die bisher beschriebenen Unterschiede in der Mitte der Übergangsphase eindeutig auftreten, zum Ende der Übergangsphase jedoch nicht eindeutig nachweisbar sind, ist das Alter der Schülerinnen und Schüler. Eventuell brauchten jüngere Schülerinnen und Schüler während der Phase der Schulschließungen vermehrt Unterstützung durch Familienangehörige bei der Bearbeitung schulischer Aufgaben von zu Hause aus. Da die Beantwortung der Testhefte ebenfalls im Rahmen schulischer Aufgaben erledigt werden sollte, wäre es durchaus möglich, dass die Testhefte insbesondere bei den jüngeren Probandinnen und Probanden nicht selbstständig ohne fremde Hilfe beantwortet wurden, sondern beispielsweise Eltern oder Geschwister an der Bearbeitung der Testitems beteiligt waren, oder zumindest ein größerer Einfluss auf das gewissenhafte Bearbeiten der Testhefte bestand als bei den älteren Schülerinnen und Schüler zu Beginn des ersten Lernjahres im Fach Chemie. Auch andere Unterschiede in den zu Hause vorherrschenden Testbedingungen, die aus dem Alter der Schülerinnen und Schüler resultieren, wären denkbar. Zudem könnte auch das Interesse der Schülerinnen und Schüler an den verschiedenen zuvor unterrichteten Fächern einen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Die Schülerinnen und Schüler der verschiedenen Teilstichproben nahmen zuvor am Unterricht in unterschiedlichen naturwissenschaftlichen Fächern teil. Möglicherweise ist das Interesse an diesen verschiedenen Fächern auch unterschiedlich ausgeprägt. Dadurch könnten Schülerinnen und Schülern mit einem hohen Interesse an ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht Testhefte auch mit mehr Interesse bearbeitet haben und dadurch noch stärker von den zu Hause vorherrschenden günstigen Durchführungsbedingungen profitiert haben als die Schülerinnen und Schüler anderer Jahrgangsstufen mit einem geringer ausgeprägten Interesse an ihrem naturwissenschaftlichen Unterricht. Um dies zu überprüfen, wird das Interesse an den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern im weiteren Verlauf des Kapitels ebenfalls vergleichend untersucht.

Zuletzt werden nun die Personenfähigkeiten für den Zeitpunkt CE, also für das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie, miteinander verglichen. Abbildung 41 und Abbildung 42 zeigen diesen Vergleich der Personenfähigkeiten für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

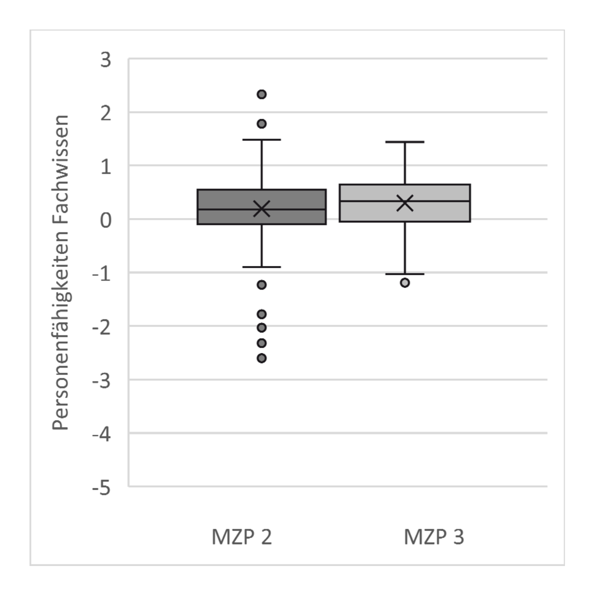



*Abbildung 41: Vergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Ende Lernjahr 1 – Ergänzungsstudie*

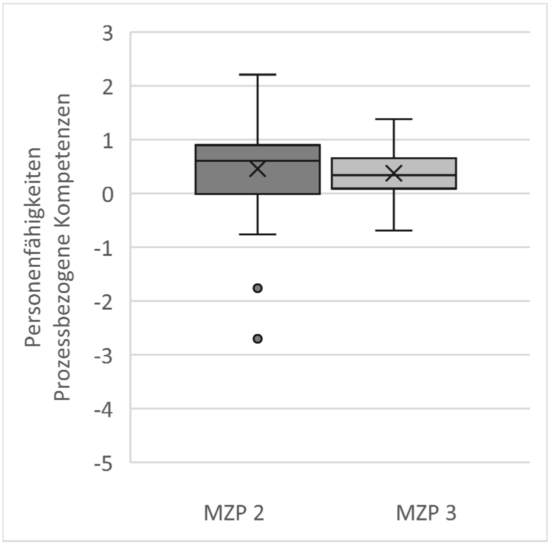



*Abbildung 42: Vergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Ende Lernjahr 1 – Ergänzungsstudie*

Wie den Abbildungen entnommen werden kann, fallen die Personenfähigkeiten im *Fachwissen* zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie im Mittel höher aus, wenn die Testhefte in der Schule bearbeitet wurden. Die Personenfähigkeiten in den *prozessbezogenen Kompetenzen* sind in dieser Teilstichprobe hingegen etwas höher ausgeprägt, wenn die Testhefte zu Hause bearbeitet wurden. Auch diese Personenfähigkeiten werden jeweils mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben miteinander verglichen, um zu überprüfen, inwiefern die beobachteten Unterschiede statistisch signifikant sind. Eine ergänzende Durchführung einer ANCOVA mit Einbezug der Kontrollvariable *kognitive Fähigkeiten* als Kovariate ist auch hier nicht erforderlich, da die kognitiven Fähigkeiten in beiden Kohorten ähnlich ausgeprägt sind. Tabelle 32 zeigt die Ergebnisse der t-Tests für unabhängige Stichproben für das *Fachwissen* und für die *prozessbezogenen Kompetenzen*.

*Tabelle 32: Vergleich Fachwissen und prozessbezogene Kompetenzen MZP 2 und MZP 3 – Chemieunterricht Ende Lernjahr 1 (CE) – t-Test für unabhängige Stichproben – Ergänzungsstudie*

| | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | $n_{MZP2}$ = 224<br>$n_{MZP3}$ = 136 | $M_{MZP2}$ = 0.19<br>$M_{MZP3}$ = 0.30 | $p$ = .661 | $t$(358) = 1.65,<br>$p$ = 1.00, $d$ = .179 |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | $n_{MZP2}$ = 221<br>$n_{MZP3}$ = 136 | $M_{MZP2}$ = 0.46<br>$M_{MZP3}$ = 0.38 | $p$ < .001 | $t$(348.732) = 1.22,<br>$p$ = .224, $d$ = .116 |

Der t-Test für unabhängige Stichproben für den Kompetenzbereich *Fachwissen* zeigt für das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie keinen signifikanten Unterschied zwischen dem zweiten und dem dritten Messzeitpunkt. Für die *prozessbezogenen Kompetenzen* konnte die Voraussetzung der Varianzhomogenität nicht erfüllt werden ($p$ < .001), weshalb die Freiheitsgrade korrigiert wurden. Der t-Test für unabhängige Stichproben zeigt auch hier keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten. Auch zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie gibt es demzufolge weder im *Fachwissen* noch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* einen Unterschied zwischen den Schülerinnen und Schülern, die die Testhefte von zu Hause aus bearbeiteten, und denjenigen, die die Testhefte in der Schule bearbeiteten. Dieser Befund bestätigt die oben bereits beschriebenen Vermutungen, dass das Alter der Schülerinnen und Schüler zum Beispiel aufgrund unterschiedlich stark ausgeprägter Unterstützung durch das häusliche Umfeld einen Einfluss auf die gewissenhafte Bearbeitung der Testhefte hat. Ältere Schülerinnen und Schüler im ersten Lernjahr des Faches Chemie erhalten hier möglicherweise weniger Unterstützung als die jüngeren Lernenden in der Mitte der Übergangsphase. Auch das Interesse an den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern könnte nach wie vor einen relevanten Einflussfaktor darstellen und wird deshalb im weiteren Verlauf des Kapitels noch untersucht.

Bei der Bewertung der bisher in diesem Kapitel präsentierten Daten ist eine Einschränkung zu machen: Bei der Stichprobe dieses Messzeitpunktes handelt es sich zwar um dieselbe Kohorte wie zum ersten Messzeitpunkt, aber nur etwa die Hälfte der Schülerinnen und Schüler hat die Testhefte zu Hause tatsächlich bearbeitet und anschließend wieder in der Schule abgegeben. Eine systematische Verzerrung der Daten ist daher nicht auszuschließen. Es wäre denkbar, dass es sich bei den Schülerinnen und Schülern, die die Testhefte abgegeben haben, um diejenigen handelt, die grundsätzlich gewissenhafter arbeiteten und dadurch möglicherweise auch bessere Ergebnisse erzielten. Um zu überprüfen, ob es sich bei dieser Stichprobe um solch eine Positivauswahl der ursprünglichen Kohorte handelt, wurde die Stichprobe des ersten Messzeitpunktes zusätzlich auf messbare Kompetenzunterschiede zwischen den Schülerinnen und Schülern, zu denen auch Daten für den zweiten Messzeitpunkt vorliegen, und den anderen Schülerinnen und Schülern hin untersucht. Dazu wurde zuerst mithilfe der Schülercodes ermittelt, zu welchen Schülerinnen und Schülern des ersten Messzeitpunktes auch Daten zum zweiten Messzeitpunkt vorliegen. Dabei handelt es sich um insgesamt 392

Schülerinnen und Schüler. Demzufolge existieren für 798 Schülerinnen und Schüler des ersten Messzeitpunktes keine Daten zum zweiten Messzeitpunkt. Wenn die Annahme stimmt, dass es sich bei den 392 Lernenden, die am zweiten Messzeitpunkt teilnahmen, um eine Positivauswahl handelt, müssten sich diese Schülerinnen und Schüler schon zum ersten Messzeitpunkt von der restlichen Kohorte positiv unterscheiden. Um dies zu überprüfen, wurden die Ergebnisse der Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte zum ersten und zweiten Messzeitpunkt bearbeiteten, und die Ergebnisse derjenigen, die die Testhefte nur zum ersten Messzeitpunkt bearbeiteten, mithilfe eines t-Tests für unabhängige Stichproben hinsichtlich der Personenfähigkeiten im *Fachwissen* und in den *prozessbezogenen Kompetenzen* sowie hinsichtlich der Summenscores des KFT und der Prozentränge für das *Leseverständnis* zum ersten Messzeitpunkt miteinander verglichen. Diese Vergleiche wurden sowohl übergreifend für alle am ersten Messzeitpunkt beteiligten Schülerinnen und Schüler als auch separat für die an diesem Messzeitpunkt beteiligten Teilstichproben der Zeitpunkte ÜB, ÜM2 und CB berechnet. Tabelle 33 zeigt die Ergebnisse dieser t-Tests.

*Tabelle 33: Vergleich Personenfähigkeiten Fachwissen, Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen, Summenscores KFT und Prozentränge LGVT für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 1 – Überprüfung einer möglichen Positivauswahl – Ergänzungsstudie*

**Fachwissen**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 385<br>$n_{MZP1}$ = 587 | $M_{MZP1/2}$ = -0.21<br>$M_{MZP1}$ = -0.28 | p = .083 | t(970) = -1.91,<br>p = .057, d = .125 | nicht signifikant |
| ÜB | $n_{MZP1/2}$ = 176<br>$n_{MZP1}$ = 282 | $M_{MZP1/2}$ = -0.28<br>$M_{MZP1}$ = -0.32 | p = .153 | t(456) = -0.67,<br>p = .504, d = .064 | nicht signifikant |
| ÜM2 | $n_{MZP1/2}$ = 47<br>$n_{MZP1}$ = 55 | $M_{MZP1/2}$ = -0.12<br>$M_{MZP1}$ = -0.23 | p = .456 | t(100) = -1.06,<br>p = .290, d = .211 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 162<br>$n_{MZP1}$ = 250 | $M_{MZP1/2}$ = -0.16<br>$M_{MZP1}$ = -0.25 | p = .526 | t(410) = -1.55,<br>p = .122, d = .156 | nicht signifikant |

**Prozessbezogene Kompetenzen**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 385<br>$n_{MZP1}$ = 584 | $M_{MZP1/2}$ = 0.23<br>$M_{MZP1}$ = 0.06 | p = .493 | t(967) = -3.95,<br>p < .001, d = .259 | höchstsignifikant, kleiner Effekt |
| ÜB | $n_{MZP1/2}$ = 176<br>$n_{MZP1}$ = 281 | $M_{MZP1/2}$ = 0.10<br>$M_{MZP1}$ = -0.01 | p = .504 | t(455) = -1.82,<br>p = .069, d = .175 | nicht signifikant |
| ÜM2 | $n_{MZP1/2}$ = 47<br>$n_{MZP1}$ = 55 | $M_{MZP1/2}$ = 0.20<br>$M_{MZP1}$ = 0.21 | p = .580 | t(100) = 0.09,<br>p = .926, d = .019 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 162<br>$n_{MZP1}$ = 248 | $M_{MZP1/2}$ = 0.37<br>$M_{MZP1}$ = 0.10 | p = .764 | t(408) = -4.13,<br>p < .001, d = .417 | höchstsignifikant, kleiner/mittlerer Effekt |

**Kognitive Fähigkeiten**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 391<br>$n_{MZP1}$ = 597 | $M_{MZP1/2}$ = 9.47<br>$M_{MZP1}$ = 8.86 | p = .026 | t(798.40) = -1.70,<br>p = .089, d = .112 | nicht signifikant |
| ÜB | $n_{MZP1/2}$ = 176<br>$n_{MZP1}$ = 287 | $M_{MZP1/2}$ = 10.60<br>$M_{MZP1}$ = 10.14 | p = .145 | t(461) = -1.01,<br>p = .315, d = .096 | nicht signifikant |
| ÜM2 | $n_{MZP1/2}$ = 46<br>$n_{MZP1}$ = 55 | $M_{MZP1/2}$ = 8.24<br>$M_{MZP1}$ = 8.65 | p = .280 | t(99) = 0.39,<br>p = .698, d = .078 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 169<br>$n_{MZP1}$ = 255 | $M_{MZP1/2}$ = 8.62<br>$M_{MZP1}$ = 7.46 | p = .007 | t(327.88) = -1.96,<br>p = .051, d = .200 | nicht signifikant |

**Leseverständnis**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 391 $n_{MZP1}$ = 592 | $M_{MZP1/2}$ = 23.52 $M_{MZP1}$ = 18.67 | p = .829 | t(981) = -3.43, p = .001, d = .223 | hochsignifikant, kleiner Effekt |
| ÜB | $n_{MZP1/2}$ = 176 $n_{MZP1}$ = 284 | $M_{MZP1/2}$ = 23.95 $M_{MZP1}$ = 16.98 | p = .048 | t(328.93) = -3.07, p = .002, d = .305 | hochsignifikant, kleiner Effekt |
| ÜM2 | $n_{MZP1/2}$ = 46 $n_{MZP1}$ = 54 | $M_{MZP1/2}$ = 17.24 $M_{MZP1}$ = 18.93 | p = .011 | t(96.90) = 0.55, p = .583, d = .108 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 169 $n_{MZP1}$ = 254 | $M_{MZP1/2}$ = 24.77 $M_{MZP1}$ = 20.51 | p = .151 | t(421) = -2.00, p = .047, d = .198 | signifikant, kleiner Effekt |

Bei diesen Vergleichen zeigen sich signifikante Unterschiede in den *prozessbezogenen Kompetenzen* sowohl für die Gesamtstichprobe als auch für den Beginn des Chemieunterrichts. Außerdem existieren signifikante Unterschiede im *Leseverständnis* für die Gesamtstichprobe, für den Beginn der Übergangsphase und für den Beginn des Chemieunterrichts. In allen anderen Vergleichen können keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Diese Ergebnisse legen zunächst nahe, dass es sich zumindest in einigen Teilstichproben tatsächlich um eine Positivauswahl derjenigen Schülerinnen und Schüler handelt, die insbesondere in den Teilen der Datenerhebung bessere Ergebnisse erzielen, die einen höheren Anteil an zu lesenden Texten aufweisen. Es muss jedoch auch bedacht werden, dass insgesamt 125 Schülerinnen und Schüler des zweiten Messzeitpunktes aufgrund fehlender oder nicht zuordenbarer Schülercodes in dieser Analyse nicht berücksichtigt werden konnten. Es genügt daher nicht, zu prüfen, ob sich die identifizierbaren Schülerinnen und Schüler, die zwei Mal teilgenommen haben, von den anderen Schülerinnen und Schülern zum ersten Messzeitpunkt unterscheiden, sondern es muss einbezogen werden, dass weitere Schülerinnen und Schüler zum zweiten Messzeitpunkt teilgenommen haben. Auch hier kann gelten, dass gerade die schwächeren Schülerinnen und Schüler den Schülercode möglicherweise falsch angegeben haben. Da es sich bei diesen 125 Schülerinnen und Schülern um einen nicht unerheblichen Anteil der Stichprobe des zweiten Messzeitpunktes handelt, wurden auch für den zweiten Messzeitpunkt weitere vergleichende Analysen durchgeführt. Dabei wurden die Unterschiede zwischen den Lernenden, deren Schülercode sich einem Schülercode des ersten Messzeitpunktes zuordnen ließ, und denjenigen, bei denen eine solche Zuordnung nicht möglich war, in den Blick genommen. Auch hier wurden die Personenfähigkeiten im *Fachwissen* und in den *prozessbezogenen Kompetenzen* sowie die Summenscores des KFT und die Prozentränge des LGVT mithilfe von t-Tests für unabhängige Stichproben sowohl für die gesamte Stichprobe des zweiten Messzeitpunktes als auch separat für die drei an diesem Messzeitpunkt beteiligten Zeitpunkte ÜM1, CB und CE durchgeführt. Tabelle 34 zeigt die Ergebnisse dieser t-Tests.

*Tabelle 34: Vergleich Personenfähigkeiten Fachwissen, Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen, Summenscores KFT und Prozentränge LGVT für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 2 – Überprüfung einer möglichen Positivauswahl – Ergänzungsstudie*

**Fachwissen**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 392<br>$n_{MZP2}$ = 125 | $M_{MZP1/2}$ = 0.10<br>$M_{MZP2}$ = 0.04 | p = .702 | t(515) = -1.07,<br>p = .284, d = .110 | nicht signifikant |
| ÜM1 | $n_{MZP1/2}$ = 175<br>$n_{MZP2}$ = 48 | $M_{MZP1/2}$ = 0.04<br>$M_{MZP2}$ = -0.05 | p = .243 | t(221) = -0.88,<br>p = .379, d = .144 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 46<br>$n_{MZP2}$ = 2 | $M_{MZP1/2}$ = -0.10<br>$M_{MZP2}$ = 0.62 | p = .344 | t(46) = 1.36,<br>p = .179, d = .985 | nicht signifikant |
| CE | $n_{MZP1/2}$ = 170<br>$n_{MZP2}$ = 54 | $M_{MZP1/2}$ = 0.23<br>$M_{MZP2}$ = 0.09 | p = .520 | t(222) = -1.42,<br>p = .157, d = .222 | nicht signifikant |

**Prozessbezogene Kompetenzen**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 389<br>$n_{MZP2}$ = 123 | $M_{MZP1/2}$ = 0.48<br>$M_{MZP2}$ = 0.23 | p = .598 | t(510) = -3.42,<br>p = .001, d = .353 | hochsignifikant, kleiner/mittlerer Effekt |
| ÜM1 | $n_{MZP1/2}$ = 175<br>$n_{MZP2}$ = 47 | $M_{MZP1/2}$ = 0.43<br>$M_{MZP2}$ = 0.32 | p = .964 | t(220) = -1.10,<br>p = .271, d = .181 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 45<br>$n_{MZP2}$ = 2 | $M_{MZP1/2}$ = 0.37<br>$M_{MZP2}$ = 0.64 | p = .584 | t(45) = 0.56,<br>p = .577, d = .406 | nicht signifikant |
| CE | $n_{MZP1/2}$ = 168<br>$n_{MZP2}$ = 53 | $M_{MZP1/2}$ = 0.56<br>$M_{MZP2}$ = 0.14 | p = .271 | t(219) = -3.13,<br>p = .002, d = .494 | hochsignifikant, mittlerer Effekt |

**Kognitive Fähigkeiten**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 373<br>$n_{MZP2}$ = 8 | $M_{MZP1/2}$ = 9.43<br>$M_{MZP2}$ = 11.00 | p = .156 | t(379) = 0.78,<br>p = .435, d = .279 | nicht signifikant |
| ÜM1 | $n_{MZP1/2}$ = 174<br>$n_{MZP2}$ = 2 | $M_{MZP1/2}$ = 10.61<br>$M_{MZP2}$ = 6.00 | p = .086 | t(174) = -1.30,<br>p = .195, d = .926 | nicht signifikant |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 45<br>$n_{MZP2}$ = 1 | $M_{MZP1/2}$ = 8.07<br>$M_{MZP2}$ = 9.00 | | t(44) = 0.19,<br>p = .849, d = .194 | nicht signifikant |
| CE | $n_{MZP1/2}$ = 154<br>$n_{MZP2}$ = 5 | $M_{MZP1/2}$ = 8.49<br>$M_{MZP2}$ = 13.40 | p = .023 | t(5.53) = 3.74,<br>p = .011, d = .787 | signifikant, großer Effekt |

**Leseverständnis**

| Zeitpunkt | Stichprobe | Mittelwerte | Levene-Test | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamt | $n_{MZP1/2}$ = 233<br>$n_{MZP2}$ = 50 | $M_{MZP1/2}$ = 42.71<br>$M_{MZP2}$ = 40.54 | p = .089 | t(281) = -0.43,<br>p = .666, d = .067 | nicht signifikant |
| ÜM1 | $n_{MZP1/2}$ = 102<br>$n_{MZP2}$ = 21 | $M_{MZP1/2}$ = 46.43<br>$M_{MZP2}$ = 27.81 | p = .350 | t(121) = -2.50,<br>p = .014, d = .598 | signifikant, mittlerer Effekt |
| CB | $n_{MZP1/2}$ = 25<br>$n_{MZP2}$ = 2 | $M_{MZP1/2}$ = 43.68<br>$M_{MZP2}$ = 25.50 | p = .075 | t(25) = -0.69,<br>p = .495, d = .508 | nicht signifikant |
| CE | $n_{MZP1/2}$ = 105<br>$n_{MZP2}$ = 25 | $M_{MZP1/2}$ = 38.41<br>$M_{MZP2}$ = 51.68 | p = .010 | t(31.30) = 1.64,<br>p = .110, d = .426 | nicht signifikant |

Analog zum ersten Messzeitpunkt zeigten sich auch hier signifikante Unterschiede bezogen auf die *prozessbezogenen Kompetenzen* in der Gesamtstichprobe und für das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie (CE). Bei der Kohorte des Zeitpunkts CE handelte es sich um dieselbe Kohorte, die zum ersten Messzeitpunkt den Zeitpunkt CB repräsentierte und die auch bei den vergleichenden Analysen des ersten Messzeitpunktes Unterschiede in den *prozessbezogenen Kompetenzen* aufwies. Zudem zeigte sich in dieser Kohorte zum zweiten Messzeitpunkt auch ein signifikanter Unterschied bezogen auf die *kognitiven Fähigkeiten*, welcher aufgrund der sehr geringen Größe einer Teilstichprobe ($n_{MZP2}$ = 5) jedoch mit Vorsicht zu interpretieren ist. Bezogen auf den LGVT zeigen sich die signifikanten Unterschiede im Gegensatz zum ersten Messzeitpunkt nun bei Schülerinnen und Schülern der Teilstichprobe, die die Mitte der Übergangsphase repräsentiert. Da der LGVT aber wie bereits im Verlauf des Kapitels beschrieben zum zweiten Messzeitpunkt wahrscheinlich nicht innerhalb der vorgesehenen Zeit bearbeitet wurde, sind diese Ergebnisse vermutlich nicht mit denen des ersten Messzeitpunktes vergleichbar. Da die Ergebnisse der beschriebenen Vergleiche an denselben Stellen Auffälligkeiten zeigen wie auch zum ersten Messzeitpunkt, bestätigt sich der Verdacht, dass es sich bei den Schülerinnen und Schülern des zweiten Messzeitpunktes mit zuordenbaren Schülercodes wiederum um eine Positivauswahl handelt. Folglich ist zwar die über Schülercodes identifizierbare Stichprobe des ersten Messzeitpunkts zumindest für einige Teilstichproben eine Positivauswahl, was aber genauso für den zweiten Messzeitpunkt gilt. Die gemessenen Unterschiede zwischen dem zweiten und dritten Messzeitpunkt in einigen Jahrgangsstufen lassen sich dementsprechend nicht durch eine Verzerrung der Stichprobe erklären.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass für die Mitte der Übergangsphase Unterschiede zwischen den zu Hause und den in der Schule bearbeiteten Testheften festgestellt werden konnten. Dabei wurden mit den zu Hause bearbeiteten Testheften höhere Kompetenzen gemessen als mit den in der Schule bearbeiteten Testheften. Dieser Unterschied zeigt sich auch nach Bereinigung um die unterschiedlich ausgeprägten *kognitiven Fähigkeiten.* Es können dabei keine Aussagen darüber getroffen werden, ob die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zum zweiten Messzeitpunkt im Vergleich zum dritten Messzeitpunkt tatsächlich höher ausgeprägt sind oder ob es sich um Effekte

handelt, die aufgrund der veränderten Durchführungsbedingungen entstehen. Der Kompetenztest ist zwar nicht wie der LGVT als Speed-Test konzipiert, womit eine längere Bearbeitungszeit nicht automatisch zu höheren Personenfähigkeiten führt, aber es sind auch andere Einflüsse der veränderten Durchführungsbedingungen denkbar, die zu den Unterschieden in den gemessenen Kompetenzen geführt haben könnten. Für den Beginn und das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie waren diese Unterschiede nicht messbar. Hier scheinen die verschiedenen Durchführungsbedingungen folglich keine Auswirkungen auf die Ergebnisse des Kompetenztests zu haben. Eine Beeinflussung der gemessenen Kompetenzen durch eine Positivauswahl der Stichprobe zum zweiten Messzeitpunkt konnte ausgeschlossen werden.

### 8.4.4 Ergänzende Betrachtung des Fachinteresses

Bei der Untersuchung der Unterschiede zwischen den chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu den verschiedenen Messzeitpunkten wurden bisher leidglich die *kognitiven Fähigkeiten* und das *Leseverständnis* als mögliche Einflussfaktoren betrachtet. Zusätzlich wurde während der Datenerhebungen jedoch auch das *Fachinteresse* der Lernenden an den verschiedenen während der Übergangsphase relevanten naturwissenschaftlichen Fächern erfasst. Da die Lernenden hier jeweils nur zu den Fächern Aussagen treffen konnten, in denen sie bereits unterrichtet wurden, und dadurch zu jedem Fach nur Daten zu einem Teil der Gesamtstichprobe vorliegen, konnte das *Fachinteresse* nicht als Kovariate in die ANCOVA einbezogen werden. Allerdings können die erhobenen Daten zu den verschiedenen Fächern im Nachhinein herangezogen werden, um mögliche Erklärungen für die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Ergebnisse zu finden. Es existieren Daten zum Interesse an den Unterrichtsfächern Sachunterricht, Naturwissenschaften, Biologie, Physik und Chemie. Zu jedem dieser Fächer wurden auf Basis der Daten aller drei Messzeitpunkte Personenparameter mithilfe des Rating-Scale-Modells geschätzt. Die im Rating-Scale-Modell geschätzten statistischen Kennwerte befinden sich im Anhang in Tabelle 40. Diese sind für nahezu alle Fächer zufriedenstellend. Lediglich für das *Fachinteresse* Chemie zeigt sich eine sehr geringe Itemreliabilität von .22. Dies ist angesichts der Tatsache, dass die Items für alle fünf Fächer identisch formuliert sind, ein unerwartetes Ergebnis. Es zeigen sich ansonsten keine weiteren Auffälligkeiten in den Daten zum *Fachinteresse* Chemie. Die Stichprobengröße von 410 Schülerinnen und Schülern, die die Items zum *Fachinteresse* Chemie bearbeitet haben, ist ausreichend groß zur Schätzung der verschiedenen Personen- und Itemparameter mithilfe des Rating-Scale-Modells. Die Fitwerte und Trennschärfen aller fünf Items liegen zudem im jeweils dafür vorgesehenen Bereich. Eine mögliche Ursache für die deutlich geringere Itemreliabilität im *Fachinteresse* Chemie im Vergleich zu den anderen Fächern könnte in einem anders ausgeprägten Antwortverhalten der Probandinnen und Probanden liegen. Inhaltlich lässt sich dies auf die Zusammensetzung der Stichprobe zurückführen. Während das Interesse in allen anderen Fächern zu jedem der drei Messzeitpunkte abgefragt wurde, konnte das Interesse im Fach Chemie nur zu den Messzeitpunkten erfasst werden, zu denen Schülerinnen und Schüler teilnahmen, die sich dem Ende des ersten Lernjahres Chemie (CE) zuordnen lassen. Die anderen Schülerinnen und Schüler nahmen vor der Erhebung jeweils noch nicht am Chemieunterricht teil und konnten ihr Interesse an diesem Fach dementsprechend noch nicht einschätzen. Der Zeitpunkt CE wurde jedoch ausschließlich zu den Messzeitpunkten 2 und 3 erfasst. Beide Messzeitpunkte zeichnen sich dadurch aus, dass in den Monaten vor

den Datenerhebungen kein oder nur wenig Präsenzunterricht stattfand. Möglicherweise konnten die Schülerinnen und Schüler ihr Interesse am Fach Chemie also noch gar nicht zuverlässig einschätzen, da sie bisher nur wenig Chemieunterricht erlebt hatten. Diese Vermutung lässt sich anhand der Daten zwar nicht belegen, sie scheint aber dennoch plausibel, da das Interesse an allen anderen Fächern zum einen auch beim ersten Messzeitpunkt erhoben wurde und die anderen Fächer zum anderen je nach Zeitpunkt innerhalb der Übergangsphase teilweise seit mehreren Jahren unterrichtet wurden und somit auch zu den Messzeitpunkten 2 und 3 von mehr Schülerinnen und Schülern gut eingeschätzt werden können. In jedem Fall muss die geringe Itemreliabilität für die Items zum *Fachinteresse* Chemie bei der Interpretation der weiteren Analysen berücksichtigt werden.

Um zu überprüfen, inwiefern sich die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Ergebnisse zu den gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen vor und nach den Schulschließungen beziehungsweise die Ergebnisse zu Hause und in Präsenz erhobener Daten auch bezogen auf das *Fachinteresse* wiederfinden lassen, werden die mittleren Personenparameter für jedes Fach vergleichend gegenübergestellt. Da die verschiedenen Unterrichtsfächer nicht in jeder teilnehmenden Schule in derselben Jahrgangsstufe einsetzen und die erhobenen Daten sich somit nicht an einzelne Jahrgangsstufen oder Zeitpunkte innerhalb der Übergangsphase binden lassen, werden die Vergleiche zwischen den mittleren Personenparametern hier nur für die verschiedenen Messzeitpunkte durchgeführt und nicht weiter nach Teilstichproben aufgeschlüsselt. Zunächst werden dabei die Unterschiede zwischen dem *Fachinteresse* vor und nach den Schulschließungen (MZP 1 und MZP 3) mithilfe von t-Tests für unabhängige Stichproben untersucht. Tabelle 35 zeigt diese Unterschiede für das Interesse an den verschiedenen Fächern. Das Fach Chemie kann dabei nicht berücksichtigt werden, da sich in den beteiligten Stichproben nur Schülerinnen und Schüler befinden, die zuvor noch nicht am Chemieunterricht teilnahmen.

*Tabelle 35: Vergleich Fachinteresse für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 1 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| Kontrollvariable | | Mittelwerte | t-Test | Unterschied |
|---|---|---|---|---|
| **Fachinteresse** | **Sachunterricht** | $M_{MZP1}$ = 0.85<br>$M_{MZP3}$ = 0.93 | *t*(1362) = 0.77,<br>*p* = .444, *d* = .046 | nicht signifikant |
| | **Naturwissenschaften** | $M_{MZP1}$ = 1.14<br>$M_{MZP3}$ = 1.00 | *t*(488) = 0.68,<br>*p* = .496, *d* = .065 | nicht signifikant |
| | **Biologie** | $M_{MZP1}$ = 0.90<br>$M_{MZP3}$ = 0.73 | *t*(369.900) = 0.80,<br>*p* = .422, *d* = .076 | nicht signifikant |
| | **Physik** | $M_{MZP1}$ = 0.10<br>$M_{MZP3}$ = 0.73 | *t*(488) = 3.04,<br>*p* = .003, *d* = .275 | hochsignifikant,<br>kleiner Effekt |

Wie Tabelle 35 zeigt, unterscheidet sich das Interesse an den meisten Fächern vor den Schulschließungen nicht signifikant von dem Interesse an diesen Fächern nach den Schulschließungen. Dies deckt sich mit der Beobachtung bezüglich der chemiebezogenen Kompetenzen der Lernenden, die sich ebenfalls nicht signifikant voneinander unterscheiden. Im Fach Physik ist jedoch ein signifikanter Unterschied mit einem kleinen Effekt im *Fachinteresse* festzustellen, wobei der Mittelwert nach den Schulschließungen

etwas höher liegt als zuvor. Hierfür kann es verschiedene Gründe geben wie zum Beispiel schulinterne Einflüsse auf das *Fachinteresse* in Physik, die hier aufgrund der kleineren Anzahl an beteiligten Schulen zum dritten Messzeitpunkt anders gewichtet sind als zum ersten Messzeitpunkt. Denkbar wäre auch, dass viele Schülerinnen und Schüler des dritten Messzeitpunktes zuvor noch nie in Präsenz im Fach Physik unterrichtet wurden, weil dieses Fach häufig erst in der letzten Hälfte der Übergangsphase unterrichtet wird. In jedem Fall scheint es sich hier um ein fachspezifisches Phänomen zu handeln. Ein allgemeiner Unterschied im *Fachinteresse* an den naturwissenschaftlichen Fächern kann nicht beobachtet werden.

Tabelle 36 zeigt als nächstes die Vergleiche der mittleren Personenparameter für das *Fachinteresse* an den verschiedenen Fächern zwischen dem Messzeitpunkt 2, zu dem die Testhefte von zu Hause aus bearbeitet wurden, und dem Messzeitpunkt 3, zu dem die Testhefte in der Schule bearbeitet wurden. Dabei kann nun auch das Interesse am Fach Chemie verglichen werden, wohingegen das Interesse am Fach Sachunterricht nicht in diesen Vergleich einbezogen werden kann, da hierzu aus der Kohorte des zweiten Messzeitpunktes keine Daten vorliegen.

*Tabelle 36: Vergleich Fachinteresse für verschiedene Jahrgangsstufen MZP 2 und MZP 3 – Ergänzungsstudie*

| **Kontrollvariable** | | **Mittelwerte** | **t-Test** | **Unterschied** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachinteresse** | **Naturwissenschaften** | $M_{MZP2} = 1.61$, $M_{MZP3} = 0.84$ | $t(415) = 3.55$, $p < .001$, $d = .350$ | höchstsignifikant, kleiner Effekt |
| | **Biologie** | $M_{MZP2} = 1.53$, $M_{MZP3} = 1.14$ | $t(541) = 1.90$, $p = .057$, $d = .172$ | nicht signifikant |
| | **Physik** | $M_{MZP2} = 0.20$, $M_{MZP3} = 0.85$ | $t(130.695) = 1.99$, $p = .049$, $d = .267$ | signifikant, kleiner Effekt |
| | **Chemie** | $M_{MZP2} = 1.35$, $M_{MZP3} = 1.96$ | $t(366) = 2.62$, $p = .009$, $d = .276$ | hochsignifikant, kleiner Effekt |

Die Tabelle zeigt, dass es im Fach Biologie keine Fachinteressensunterschiede zwischen den beiden Messzeitpunkten gibt, während in den anderen Fächern signifikante Unterschiede mit kleinen Effekten zwischen den beiden Messzeitpunkten vorliegen. Im Fach Naturwissenschaften ist dabei das *Fachinteresse* zum zweiten Messzeitpunkt höher ausgeprägt als zum dritten Messzeitpunkt. In den Fächern Physik und Chemie hingegen ist das *Fachinteresse* zum dritten Messzeitpunkt höher ausgeprägt als zum zweiten Messzeitpunkt. Diese Beobachtung stellt eine mögliche Erklärung für die gemessenen höheren chemiebezogenen Kompetenzen zum zweiten Messzeitpunkt dar, die nur in der Mitte der Übergangsphase, aber nicht im ersten Lernjahr des Faches Chemie auftraten. Bei Schülerinnen und Schülern, die sich in der Mitte der Übergangsphase befinden, wurde im vorherigen Schuljahr meist das Fach Biologie oder das Fach Naturwissenschaften unterrichtet, in welchen das Interesse zum zweiten Messzeitpunkt entweder vergleichbar oder sogar höher ausgeprägt war als zum dritten Messzeitpunkt. Die Schülerinnen und Schüler füllten die Testhefte vermutlich also auch mit einem höheren oder zumindest vergleichbaren Interesse aus wie auch in der Testung im Präsenzunterricht, profitierten aber möglicherweise von den veränderten Testbedingungen. Für den Beginn und das Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie zeigten sich keine Unterschiede

in den gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen zwischen den beiden Messzeitpunkten, obwohl sich die Bedingungen beider Datenerhebungen hier auf dieselbe Art und Weise voneinander unterschieden wie in der Mitte der Übergangsphase. Möglicherweise könnte hier das zum zweiten Messzeitpunkt geringer ausgeprägte Interesse an den im vorherigen Schuljahr unterrichteten Fächern Physik und Chemie dazu geführt haben, dass die Testhefte zu Hause auch mit weniger Interesse bearbeitet wurden als zum dritten Messzeitpunkt im Präsenzunterricht, sodass sich die positiven Einflüsse der veränderten Testbedingungen hier nicht in den Messergebnissen zeigen. Bei dieser Interpretation der Ergebnisse ist zu berücksichtigen, dass auch das Ausfüllen des Fragebogens zum *Fachinteresse* von den unterschiedlichen Bedingungen der Datenerhebung beeinflusst worden sein kann. Zudem handelt es sich jeweils um Unterschiede mit kleinen Effektstärken und im Rating-Scale-Modell zum Interesse am Fach Chemie zeigte sich eine sehr geringe Itemreliabilität. Auch vor diesem Hintergrund müssen die Ergebnisse mit Vorsicht betrachtet werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass das Interesse an den verschiedenen Unterrichtsfächern zu den unterschiedlichen Messzeitpunkten teilweise keine signifikanten Unterschiede aufweist, während sich teilweise signifikante Unterschiede mit kleinen Effekten zeigen. Bezogen auf die Messzeitpunkte vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie existieren dabei ähnlich wie auch bei den chemiebezogenen Kompetenzen nahezu keine Unterschiede. Bezogen auf die Messzeitpunkte 2 und 3, bei denen die Daten zu Hause und in der Schule bearbeiteter Testhefte verglichen werden, existieren verschiedene Unterschiede im *Fachinteresse*, die jeweils von dem betrachteten Fach abhängen. Diese Unterschiede liefern eine mögliche Erklärung für die beobachteten Unterschiede der chemiebezogenen Kompetenzen zu diesen beiden Messzeitpunkten, sie müssen jedoch mit Vorsicht interpretiert werden.

## 8.5 Diskussion

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Ergänzungsstudie und sich daraus ergebende Schlussfolgerungen zusammenfassend diskutiert. Dabei wird zunächst auf den Vergleich der Ergebnisse vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie eingegangen, um im Anschluss die Ergebnisse zum Vergleich der verschiedenen Erhebungsdesigns in den Blick zu nehmen.

Beim Vergleich der Ergebnisse vor und nach den pandemiebedingten Schulschließungen zeigte sich, dass weder zu Beginn noch während oder zum Ende der Übergangsphase Kompetenzunterschiede bestanden zwischen den Schülerinnen und Schülern, die vor den Schulschließungen an der Studie teilnahmen, und den Schülerinnen und Schülern, die nach einer längeren Phase ohne Präsenzunterricht teilnahmen. Bei den Schülerinnen und Schülern, die zu Beginn der Übergangsphase und damit unmittelbar nach dem Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule teilnahmen, war es folglich irrelevant, ob in den Monaten vor der Datenerhebung das Fach Sachunterricht in Präsenz unterrichtet wurde oder nicht. Hierfür wurden bereits zwei mögliche Erklärungsansätze diskutiert. Die Möglichkeit, dass der Präsenzunterricht und der Distanzunterricht der Grundschule gleichermaßen zu einer Förderung der chemiebezogenen Kompetenzen beitragen, wurde aufgrund der von Hammerstein et al. (2021) beschriebenen Befunde zu Auswirkungen der Schulschließungen auf die Leistungen von Schülerinnen

und Schülern als unwahrscheinlich angesehen. Eine plausiblere Erklärung für die vergleichbar ausgeprägten Kompetenzen zu beiden Messzeitpunkten ist es, dass die gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen generell wenig durch den Sachunterricht der Grundschule, sondern eher durch das häusliche Umfeld der Schülerinnen und Schüler beeinflusst werden. Eine solche eher unsystematische und abhängig vom sozialen Umfeld unterschiedlich ausgeprägte Verfügbarkeit verschiedener Lerngelegenheiten würde auch das in der Hauptstudie dargestellte heterogene Bild der chemiebezogenen Kompetenzen zu Beginn der weiterführenden Schule erklären. Zudem wäre dies ein weiteres Argument dafür, im Lehrplan Sachunterricht weniger Wahlmöglichkeiten und weniger Raum für individuelle Vorlieben der Lehrkräfte zur Verfügung zu stellen. Stattdessen müsste es verbindlichere Vorgaben dazu geben, welche Kompetenzen anhand welcher Inhalte im Sachunterricht erworben werden müssen, um nicht nur homogener ausgeprägte Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit zu erreichen, sondern um sicherzustellen, dass im Sachunterricht die vorgesehenen chemiebezogenen Kompetenzen überhaupt erworben werden. Es bleibt abzuwarten, ob der neue Lehrplan Sachunterricht diesen Kriterien gerecht wird, und dadurch erreicht werden kann, dass die vorgesehenen Kompetenzen erworben werden und sich infolgedessen auch ein homogeneres Bild der zu Beginn der weiterführenden Schule vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen zeigt.

Auch während und zum Ende der Übergangsphase zeigten sich keine Unterschiede zwischen den vor und nach den Schulschließungen gemessenen Kompetenzen. Auch hierfür wurden bereits mögliche Erklärungsansätze diskutiert. Dass der Unterricht in den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern während der Übergangsphase den Kompetenzerwerb der Lernenden sowohl in Präsenz als auch in Distanz gleichermaßen fördert, wurde aus demselben Grund wie bereits bei den Schülerinnen und Schülern zu Beginn der Übergangsphase eher als unwahrscheinlich angesehen. Stattdessen wurden die beschriebenen Befunde damit erklärt, dass der naturwissenschaftliche Unterricht während der Übergangsphase die in der Grundschulzeit erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler ohnehin nur geringfügig beeinflusst. Dies würde auch das in der Hauptstudie beschriebene nach wie vor sehr heterogene Bild der vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen zum Ende der Übergangsphase erklären. Im Sinne der Gestaltung eines erfolgreichen und bruchlosen Übergangs und einer Unterstützung kumulativer Lernprozesse über die Schulstufen hinweg sollten deshalb nicht nur die Sachunterrichtslehrkräfte zu einem einheitlicheren Kompetenzerwerb beitragen, sondern auch die Lehrkräfte der naturwissenschaftlichen Fächer der Sekundarstufe I. Dabei sollten nicht nur Lehrkräfte der unmittelbar zu Beginn der Sekundarstufe I einsetzenden naturwissenschaftlichen Fächer, sondern auch Chemielehrkräfte mit dem Lehrplan Sachunterricht vertraut sein und in Austausch mit den Sachunterrichtslehrkräften der umliegenden Grundschulen treten, damit auch nach der mindestens zweijährigen Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht optimal an die im Sachunterricht erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen angeknüpft werden kann.

Zusätzlich zu den beschriebenen Befunden zum Vergleich der gemessenen Kompetenzen vor und nach den Schulschließungen lieferte die Ergänzungsstudie auch Ergebnisse zu den Messergebnissen verschiedener Erhebungsdesigns im Vergleich. Dabei wurden mit den zu Hause bearbeiteten Testheften im Vergleich zu den im Präsenzunterricht bearbeiteten Testheften zum einen ein höheres *Leseverständnis* in allen Jahrgangsstufen

und zum anderen höhere chemiebezogene Kompetenzen in der Mitte der Übergangsphase (ÜM1) gemessen. Aus den Ergebnissen des LGVT wurde aufgrund der Tatsache, dass viele der zu Hause bearbeiteten Testhefte entgegen der Konzeption des Tests vollständig ausgefüllt wurden, bereits geschlossen, dass das für den Test vorgegebene Zeitfenster von sechs Minuten zu Hause nicht eingehalten wurde. Demzufolge ließen sich die erhobenen Daten nicht wie beabsichtigt interpretieren und in Beziehung zu den erhobenen chemiebezogenen Kompetenzen setzen. Aus diesem Befund lassen sich zwei Schlussfolgerungen ableiten. Zum einen lässt sich ableiten, dass Tests, bei denen das Ergebnis von der Einhaltung eines bestimmten Zeitfensters abhängt, nicht ohne eine Kontrolle der Einhaltung dieses Zeitfensters durchgeführt werden sollten. Diese Bedingung innerhalb eines Instruktionsvideos zu nennen und dort nach Ablauf der Zeit zum Beenden der Bearbeitung aufzufordern, reicht offenbar nicht aus, um die Lernenden dazu bewegen, sich auch an diese Vorgabe zu halten. Folglich eignen sich solche Speed-Tests im Paper-and-Pencil-Format nur für synchrone Testungen, in denen eine Testleiterin oder ein Testleiter das Einhalten des Zeitfensters explizit einfordert und kontrolliert. Um Speed-Tests auch in asynchronen Testungen von zu Hause aus einsetzen zu können, müssten diese vermutlich digitalisiert werden, wobei eine weitere Bearbeitung nach Ablauf des vorgegebenen Zeitfensters unterbunden werden müsste. Zum anderen lässt sich aus den Ergebnissen des LGVT ableiten, dass generell nicht sichergestellt werden kann, dass die in Instruktionsvideos bereitgestellten Anweisungen tatsächlich eingehalten werden. Bei Speed-Tests wie dem LGVT fallen solche Verletzungen der Testbedingungen bei Betrachtung der bearbeiteten Items sofort auf und es kann entsprechend darauf reagiert werden, indem die offensichtlich nicht aussagekräftigen Daten in weiteren Analysen nicht berücksichtigt werden. Die Ergebnisse der Tests zum *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen* waren hingegen nicht abhängig von einer bestimmten Bearbeitungszeit, wodurch sich mögliche Verletzungen der vorgegebenen Durchführungsbedingungen hier nicht direkt anhand der Rohdaten belegen lassen. Deshalb wurde bereits die Vermutung geäußert, dass auch bei diesen Tests die Durchführungsbedingungen nicht vollständig berücksichtigt wurden und daraus die höheren gemessenen Kompetenzen bei den zu Hause bearbeiteten Testheften resultierten. Zusätzlich wurde die höhere Personenreliabilität sowohl im *Fachwissen* als auch in den *prozessbezogenen Kompetenzen* als mögliche Erklärung für die gemessenen Kompetenzunterschiede herangezogen, da diese dafür spricht, dass die Aufgaben zu Hause gewissenhafter bearbeitetet wurden als in der Schule und dadurch möglicherweise auch bessere Ergebnisse erzielt wurden. Die dargestellten Unterschiede zwischen den Ergebnissen der zu Hause bearbeiteten Testhefte des Kompetenztests und den Ergebnissen der in der Schule bearbeiteten Testhefte zeigten sich ausschließlich für die Mitte der Übergangsphase und nicht für das erste Lernjahr im Fach Chemie. Die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte zu Hause bearbeiteten, erzielten dabei in der Mitte der Übergangsphase bessere Ergebnisse als diejenigen, die die Testhefte im Präsenzunterricht bearbeiteten. Im vorherigen Kapitel wurde bereits die Vermutung geäußert, dass das unterschiedlich ausgeprägte Interesse an den verschiedenen naturwissenschaftlichen Fächern einen Einfluss auf die gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen darstellen könnte. So wäre es beispielsweise denkbar, dass alle Schülerinnen und Schüler von den veränderten Durchführungsbedingungen beim Ausfüllen der Testhefte von zu Hause aus profitierten, sich dies aber nur bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern in der Mitte der Übergangsphase zeigte, da diese zuvor in Fächern unterrichtet wurden,

an denen im Allgemeinen zum zweiten Messzeitpunkt ein höheres oder zumindest vergleichbares *Fachinteresse* besteht als zum dritten Messzeitpunkt. Zu Beginn und zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie hingegen wurden vor der Datenerhebung Fächer unterrichtet, an denen allgemein zum zweiten Messzeitpunkt ein geringeres Interesse vorliegt als zum dritten Messzeitpunkt. Dies könnte dazu geführt haben, dass die Schülerinnen und Schüler in diesen Jahrgangsstufen auch mit weniger Interesse die Testhefte bearbeiteten und sich eventuell ergebende Vorteile der Bearbeitung dieser von zu Hause aus nicht im Vergleich der gemessenen Kompetenzen zeigten. Da jedoch nicht klar ist, inwiefern die veränderten Durchführungsbedingungen zu Hause auch das Bearbeiten des Fragebogens zum Interesse beeinflussten, handelt es sich hierbei nur um eine Vermutung, die nicht durch weitere Befunde gestützt werden kann. Ein weiterer bereits diskutierter Einflussfaktor auf die gemessenen Kompetenzunterschiede ist das Alter der Schülerinnen und Schüler. Eventuell erhielten jüngere Schülerinnen und Schüler während der Phase der Schulschließung vermehrt Unterstützung durch Familienangehörige, was zu einer gewissenhafteren und besseren Bearbeitung der Testhefte führte als bei älteren Schülerinnen und Schülern, die diese Unterstützung nicht oder in geringerem Maße erhielten. Insgesamt können auf Grundlage der vorliegenden Studie keine Aussagen darüber getroffen werden, ob mithilfe der zu Hause bearbeiteten Testhefte oder mithilfe der im Präsenzunterricht in der Schule bearbeiteten Testhefte die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler besser abgebildet werden können. Um solche Aussagen treffen zu können und entscheiden zu können, ob Datenerhebungen bevorzugt zu Hause oder im Präsenzunterricht der Schule durchgeführt werden sollten, müssten weitere Datenerhebungen mit größeren Stichproben unter Einbezug aller beteiligten Jahrgangsstufen sowohl zu Hause als auch im Präsenzunterricht der Schule unter Kontrolle der jeweils vorherrschenden Bedingungen durchgeführt und die Ergebnisse miteinander verglichen werden.

## 9. Zusammenfassung, Limitationen und Ausblick

In der vorliegenden Arbeit wurden chemiebezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I gemessen und analysiert. Dazu wurde die Kompetenzdefinition von Weinert (2001) zugrunde gelegt, wobei affektive Komponenten ausgeklammert wurden und der Fokus wie auch in den Bildungsstandards auf die kognitiven Leistungsbereiche gelegt wurde (Klieme, 2004). Um die von den Lernenden erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen im Sachunterricht und im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zu identifizieren, wurden exemplarisch die Lehrpläne beider Fächer für das Land Nordrhein-Westfalen herangezogen. Im Lehrplan Sachunterricht sind verschiedene Bereiche zu finden, die sich wiederum in Schwerpunkte gliedern lassen. Zu diesen sind Kompetenzformulierungen zu finden, die sich auf verschiedene Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts – also auch auf die Chemie – beziehen (MSW NRW, 2008). Im Kernlehrplan Chemie für Gesamtschulen, der hier exemplarisch für die Sekundarstufe I betrachtet wurde, sind die Kompetenzformulierungen angelehnt an die Systematisierung in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss durch verschiedene Basiskonzepte, Kompetenzbereiche und Inhaltsfelder strukturiert (MSW NRW, 2013).

Die identifizierten Kompetenzen wurden für den Übergang zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht analysiert. Dieser Übergang geht mit zahlreichen Veränderungen für Lernende einher. Zum einen erfolgt ein Wechsel von einem übergreifenden Fach zu einem in Fachdisziplinen getrennten Unterricht und zum anderen treffen die Lernenden im Sachunterricht auf Lehrkräfte, die nicht unbedingt ein naturwissenschaftliches Fach studiert haben oder Sachunterricht sogar fachfremd unterrichten, während sie in der Sekundarstufe I von Lehrkräften unterrichtet werden, die Spezialisten für ihre Fachdisziplin sind (Möller, 2010; Möller et al., 2013; Pollmeier et al., 2014; Rieck & Fischer, 2010). Im Gegensatz zu den Übergängen zu vielen anderen Bezugsfächern des Sachunterrichts erfolgt der Übergang zum Chemieunterricht meist nicht unmittelbar von der Jahrgangsstufe 4 zur Jahrgangsstufe 5, sondern umfasst einen Zeitraum von mehreren Jahren, da der Chemieunterricht häufig frühestens zu Beginn der Jahrgangsstufe 7 einsetzt, wie es im Rahmen der vorliegenden Studie exemplarisch für Nordrhein-Westfalen gezeigt wurde (MSW NRW, 2013).

Um den Übergang bezogen auf die Kompetenzentwicklung für die Lernenden trotz dieser längeren Übergangsphase erfolgreich zu gestalten, wird kumulatives Lernen nicht nur innerhalb der einzelnen Fächer, sondern auch über die Grenzen der Fächer und Schulstufen hinaus angestrebt. Bereits erworbenes Wissen soll dabei mit den neuen schulischen Anforderungen in Verbindung gebracht werden, um eine voneinander getrennte Abspeicherung und Brüche im Wissensaufbau zu vermeiden (Hempel, 2010). Solche kumulativen Lernprozesse werden durch die Lehrpläne der beteiligten Fächer durch aneinander anknüpfende Kompetenzformulierungen angeregt (MSW NRW, 2008, 2013). Die Ergebnisse verschiedener Schulleistungsstudien lassen jedoch vermuten, dass naturwissenschaftliche und damit auch chemiebezogene Kompetenzen nach dem Übergang in die Sekundarstufe I nicht immer in dem Maße weiterentwickelt werden wie vorgesehen. So erreichten beispielsweise in TIMSS 2019 72.4 % der deutschen Viertklässlerinnen und Viertklässler ein mittleres bis hohes Kompetenzniveau in den Natur-

wissenschaften (Steffensky et al., 2020), während in PISA 2018 nur 58.4 % der deutschen 15-Jährigen ein vergleichbar hohes Niveau in den Naturwissenschaften erreichten.

Diese Ergebnisse lassen jedoch noch keine Aussagen zu den chemiebezogenen Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht zu. Die Übergänge zu den naturwissenschaftlichen Bezugsdisziplinen des Sachunterrichts wurden bislang eher bezogen auf affektive Schülermerkmale untersucht (z. B. Möller, 2014; Moormann, 2015; Pollmeier et al., 2014). Chemiebezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern wurden für Zeiträume ab dem ersten Lernjahr im Fach Chemie untersucht (z. B. Bernholt et al., 2020; Weber, 2018; Celik, im Druck) und für jüngere Lernende nur theoretisch erschlossen (z. B. Möller, 2016b; Nuffield Foundation & Collins Educational, 1999; Wiser et al., 2012). Daher ist bisher wenig darüber bekannt, über welche der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit tatsächlich verfügen und welche dieser Kompetenzen zu Beginn des Chemieunterrichts immer noch oder zusätzlich verfügbar sind. Deshalb war es das Ziel der vorliegenden Arbeit, die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern zu verschiedenen Zeitpunkten während und im ersten Jahr nach der Übergangsphase zu beschreiben. Dabei wurden zunächst die zwei folgenden Forschungsfragen in den Blick genommen:

FF1: Über welche der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen verfügen Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit?

FF2: Über welche der chemiebezogenen Kompetenzen aus dem Sachunterricht der Grundschule verfügen Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I immer noch oder zusätzlich?

Zur Untersuchung dieser Forschungsfragen wurde ein Paper-and-Pencil-Test zur Kompetenzmessung entwickelt. Dieser umfasst 48 Multiple-Choice-Items zum *Fachwissen* und den *prozessbezogenen Kompetenzen*. Jedes Item enthält sechs Antwortmöglichkeiten, zu denen Lernende jeweils entscheiden müssen, ob es sich um eine richtige oder eine falsche Antwortmöglichkeit handelt oder ob sie sich diesbezüglich nicht sicher sind. Die Zuordnung der Items zu verschiedenen Kompetenzbereichen des Faches Chemie wurde mithilfe eines Expertenratings überprüft. Um die Testzeit zu reduzieren, wurden anschließend mehrere Testheftversionen erstellt, die durch ein Balanced-Incomplete-Blockdesign miteinander verknüpft sind. Der so entwickelte Test wurde im Rahmen einer Pilotstudie erprobt und im Anschluss für die Hauptstudie optimiert. Zusätzlich zu dem entwickelten Kompetenztest wurden die *kognitiven Fähigkeiten*, das *Leseverständnis* und das *Fachinteresse* an den verschiedenen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächern als Kontrollvariablen erhoben.

Um die im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen der Lernenden zum Ende der Grundschulzeit und zu Beginn des Chemieunterrichts zu untersuchen, wurden der Kompetenztest und die Tests zu den Kontrollvariablen im Sommer 2019 zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 und zum Beginn des ersten Unterrichtsjahres im Fach Chemie (Jahrgangsstufe 7/8) in Gesamtschulen in Nordrhein-Westfalen eingesetzt. Die Stichprobe umfasste 888 Schülerinnen und Schüler. Mithilfe des Rating-Scale-Modells im Rahmen von IRT-Analysen konnte festgestellt werden, dass die Kompetenzen der

Lernenden mithilfe des Testinstruments gut abgebildet werden können. Zudem wurden im Rahmen der IRT-Analysen Personenfähigkeiten und Itemschwierigkeiten geschätzt und die Lernenden wurden zusätzlich auf Basis der in den einzelnen Items erreichten Punktzahlen deskriptiv verschiedenen Niveaus zugeordnet. Dadurch konnte gezeigt werden, dass sowohl innerhalb einzelner Basiskonzepte und Kompetenzbereiche als auch übergreifend für das *Fachwissen* und die *prozessbezogenen Kompetenzen* eine große Heterogenität der zu Beginn der Jahrgangsstufe 5 vorhandenen Kompetenzen besteht. Es lassen sich folglich keine einheitlichen Aussagen dazu treffen, welche der erwarteten Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit bereits beherrscht werden und welche nicht. Zu Beginn der Jahrgangsstufe 7/8 zeigt sich hier ein sehr ähnliches Bild. Im Mittel erreichen die Schülerinnen und Schüler hier zwar höhere Kompetenzen als in der Stichprobe der Jahrgangsstufe 5, aber die Kompetenzen, die Lernende mit in den Chemieunterricht bringen, sind dennoch ähnlich heterogen verteilt wie zum Ende der Grundschulzeit.

Aufgrund der Schulschließungen während der Corona-Pandemie konnte die Hauptstudie nicht wie ursprünglich geplant als ein Quasi-Längsschnitt über die gesamte Übergangsphase und das erste Lernjahr des Chemieunterrichts weitergeführt werden. Aus den während der Corona-Pandemie unter verschiedenen Bedingungen erhobenen Daten ergaben sich jedoch zwei zusätzliche Forschungsfragen, die in einer Ergänzungsstudie untersucht wurden:

FF3: Wie unterscheiden sich die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase vor Beginn und nach Ende der Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie?

FF4: Inwiefern beeinflusst das Design der zu Hause oder im Präsenzunterricht durchgeführten Datenerhebung die Messergebnisse während und im ersten Jahr nach der Übergangsphase?

In der Ergänzungsstudie wurden folglich die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen der Schülerinnen und Schüler sowie die unterschiedlichen Testdurchführungsbedingungen zu verschiedenen Messzeitpunkten in den Blick genommen. Hierzu wurden Daten von insgesamt drei verschiedenen Messzeitpunkten verwendet. Die Daten aus der Hauptstudie, die vor Beginn der Corona-Pandemie im Sommer 2019 erhoben wurden, stellten dabei den ersten Messzeitpunkt dar. Zum zweiten Messzeitpunkt im Sommer 2020 wurden weitere Daten erhoben, indem die Schülerinnen und Schüler die Testhefte aufgrund der Schulschließungen während des Lockdowns zu Hause mithilfe eines bereitgestellten Instruktionsvideos bearbeiteten. Der dritte Messzeitpunkt lag im Sommer 2021. Dabei wurden Daten zum Ende der Corona-Pandemie im Präsenzunterricht erhoben. Die Analyse der vorliegenden Daten zeigte, dass die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler unabhängig davon, ob zuvor naturwissenschaftlicher Präsenzunterricht erteilt wurde oder nicht, in der Übergangsphase gleichermaßen ausgeprägt sind. Es spielt bereits zu Beginn der Übergangsphase keine Rolle, ob im letzten Jahr der Grundschulzeit der Sachunterricht in Präsenz erteilt wurde wie vor der Corona-Pandemie oder ob er nicht in Präsenz erteilt wurde wie während der Corona-Pandemie. Auch während und zum Ende der Übergangsphase hat es keinen Einfluss auf die Kompetenzen der Lernenden, ob der zuvor stattfindende naturwissenschaftliche Unterricht in Präsenz erteilt wurde oder nicht. Es zeigten sich für keine der drei hier betrachteten

Jahrgangsstufen signifikante Unterschiede zwischen den Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler. Die verschiedenen Durchführungsbedingungen der Datenerhebung während und nach den Schulschließungen hatten bei den jüngsten Schülerinnen und Schülern dieser Teilstichprobe, also in der Mitte der Übergangsphase, eine Auswirkung auf die Testergebnisse. Hier erreichten die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte zu Hause bearbeiteten, im Mittel bessere Ergebnisse als die Schülerinnen und Schüler, die die Testhefte in Präsenz im Klassenverband bearbeiteten. Diese Unterschiede zeigten sich in den höheren Jahrgangsstufen nicht. Dort scheinen die unterschiedlichen Durchführungsbedingungen folglich keinen Einfluss auf die Messergebnisse zu haben. Sowohl bezogen auf den Unterschied vor und nach den Schulschließungen als auch bezogen auf die Unterschiede zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Erhebungsdesigns wurde auch das Interesse für die verschiedenen naturwissenschaftlichen Unterrichtsfächer betrachtet. Die Ergebnisse bestätigten dabei entweder die Ergebnisse des Vergleichs der chemiebezogenen Kompetenzen oder lieferten sogar potenzielle Erklärungen für diese Ergebnisse.

Insgesamt lassen sich nach Betrachtung der Ergebnisse zusammenfassend vier zentrale auf die Forschungsfragen bezogene Ergebnisse festhalten:

FF1: *Über welche der im Sachunterricht erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen verfügen Schülerinnen und Schüler zum Ende der Grundschulzeit?*
Zum Ende der Grundschulzeit zeigt sich ein sehr heterogenes Bild der bei den Schülerinnen und Schülern vorhandenen chemiebezogenen Kompetenzen. Es lassen sich keine Kompetenzbereiche oder Basiskonzepte identifizieren, die im Vergleich zu den anderen besonders stark oder gering ausgeprägt sind.

FF2: *Über welche der chemiebezogenen Kompetenzen aus dem Sachunterricht der Grundschule verfügen Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I immer noch oder zusätzlich?*
Zu Beginn des Chemieunterrichts in der Sekundarstufe I unterscheiden sich die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler im Mittel signifikant von denen zum Ende der Grundschulzeit. Insgesamt sind die Kompetenzen aber auch hier sehr heterogen ausgeprägt.

FF3: *Wie unterscheiden sich die chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase vor Beginn und nach Ende der Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie?*
Die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler vor den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie unterscheiden sich zu keinem Zeitpunkt innerhalb der Übergangsphase signifikant von den chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler nach den Schulschließungen.

FF4: *Inwiefern beeinflusst das Design der zu Hause oder im Präsenzunterricht durchgeführten Datenerhebung die Messergebnisse während und im ersten Jahr nach der Übergangsphase?*
Bei Schülerinnen und Schülern in der Mitte der Übergangsphase wurden im Mittel signifikant höhere chemiebezogene Kompetenzen gemessen, wenn die Testhefte zu Hause

und nicht im Präsenzunterricht in der Schule bearbeitet wurden. Zum Ende der Übergangsphase und zum Ende des ersten Lernjahres im Fach Chemie hatte das Design der Datenerhebung keinen Einfluss auf die gemessenen chemiebezogenen Kompetenzen.

Aus den dargestellten Ergebnissen lassen sich insgesamt Schlussfolgerungen für die Gestaltung einer im Sinne des kumulativen Lernens erfolgreichen Übergangsphase ableiten. Zum einen lässt sich aus dem sehr heterogenen Bild der Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit sowie der Tatsache, dass die Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie keinen Einfluss auf die gemessenen Kompetenzen zu diesem Zeitpunkt hatten, die Forderung ableiten, chemiebezogene Kompetenzen im Sachunterricht mehr und vor allem einheitlicher zu fördern. Dies könnte zum Beispiel durch verbindlichere Vorgaben im Lehrplan Sachunterricht und eine bessere Aus- und Weiterbildung der Sachunterrichtslehrkräfte im naturwissenschaftlichen Bereich erreicht werden. Zum anderen lässt sich aus der Erkenntnis, dass die aus der Grundschulzeit mitgebrachten chemiebezogenen Kompetenzen während der Übergangsphase zwar im Mittel steigen, diese am Ende der Übergangsphase aber nach wie vor sehr unterschiedlich ausgeprägt sind, ableiten, dass das Anknüpfen an bereits vorhandene Kompetenzen eine Herausforderung darstellt. Daraus resultiert die Notwendigkeit, dass nicht nur die Lehrkräfte, deren naturwissenschaftliche Fächer direkt nach dem Übergang auf die weiterführende Schule unterrichtet werden, sondern auch die Chemielehrkräfte aktiv an der Gestaltung der Übergangsphase beteiligt sein sollten, indem sie sich mit dem Lehrplan Sachunterricht auseinandersetzen, in Kontakt mit Sachunterrichtslehrkräften treten und die chemiebezogenen Kompetenzen ihrer Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts erfassen. Um die Auseinandersetzung der Lehrkräfte mit den Kompetenzerwartungen der jeweils anderen Schulform zu erleichtern, könnte die im Rahmen dieser Arbeit erstellte Lehrplansynopse genutzt werden, da diese die direkten Bezüge zwischen den beiden Fächern herausstellt. Zusätzlich könnte auch das entwickelte Testinstrument zur Kompetenzdiagnostik im Unterricht eingesetzt werden. Damit könnten zum einen Sachunterrichtslehrkräfte überprüfen, welche der erwarteten chemiebezogenen Kompetenzen ihre Schülerinnen und Schüler tatsächlich erworben haben, um langfristig den eigenen Unterricht hinsichtlich der Förderung chemiebezogener Kompetenzen zu evaluieren und zu verbessern. Zum anderen könnten Chemielehrkräfte den Test zu Beginn des Chemieunterrichts einsetzen, um den Kompetenzstand ihrer Schülerinnen und Schüler zu erheben und daran anknüpfend ihren Unterricht so gestalten, dass nach Möglichkeit kumulative Lernprozesse angeregt werden. Angesichts der im Rahmen der Arbeit gemessenen großen Heterogenität der chemiebezogenen Kompetenzen könnten dabei auch individualisierte Lerngelegenheiten eingeplant werden, die an die bei den einzelnen Schülerinnen und Schülern vorhandenen Kompetenzen möglichst gut anknüpfen.

Zudem lassen sich aus den Ergebnissen zur vierten Forschungsfrage Konsequenzen für zukünftige distante Datenerhebungen ableiten. Zum einen sollte dafür gesorgt werden, dass vorgegebene Durchführungsbedingungen nicht missachtet werden können, um die Testergebnisse nicht zu verfälschen. Dies gilt insbesondere für vorgegebene Zeitfenster in Speed-Tests. Eine bessere Kontrolle der Bedingungen könnte zum Beispiel durch eine Digitalisierung der Testhefte erreicht werden. Zum anderen sollten bei Datenerhebungen grundsätzlich die jeweils vorherrschenden Bedingungen stärker kontrolliert werden, um

sicherzustellen, dass sich die erhobenen Daten tatsächlich auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zurückführen lassen.

Diese dargestellten Ergebnisse inklusive der sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen lassen sich zwar anhand der erhobenen Daten sinnvoll begründen, unterliegen jedoch auch einigen Limitationen. Diese betreffen vor allem den aufgrund der Schulschließungen während der Corona-Pandemie entstandenen Verlust an Daten insbesondere zum zweiten Messzeitpunkt. Durch den ursprünglich geplanten Quasi-Längsschnitt mit zwei Messzeitpunkten liegen für den ersten und zweiten Messzeitpunkt jeweils nur Daten aus ausgewählten Jahrgangsstufen vor. Dadurch konnten die Vergleiche im Rahmen der Ergänzungsstudie auch jeweils nur für ausgewählte Jahrgangsstufen vorgenommen werden. Zu den jeweils fehlenden Jahrgangsstufen können folglich keine Aussagen zu den Auswirkungen der Schulschließungen beziehungsweise der verschiedenen Erhebungsdesigns auf die Messergebnisse getätigt werden. Zudem sind die vorliegenden Daten des zweiten Messzeitpunktes aus mehreren Gründen unvollständig. Zunächst wurden nur etwa die Hälfte aller an die Schülerinnen und Schüler verteilten Testhefte in der Schule wieder abgegeben. Zur anderen Hälfte der beteiligten Lernenden fehlen die entsprechenden Daten. Die Stichprobe ist hier also bereits insgesamt deutlich kleiner als zum ersten Messzeitpunkt. Hinzu kommt, dass ein Großteil der vorliegenden Datensätze unvollständig ist. Dies kommt zum einen dadurch zustande, dass viele Schülerinnen und Schüler zum zweiten Messzeitpunkt keinen Schülercode generierten und sich die Datensätze somit nicht mit denen des ersten Messzeitpunktes verknüpfen ließen. Aus diesem Grund konnten für diese Schülerinnen und Schüler die zum ersten Messzeitpunkt erhobenen und als konstant angenommenen KFT-Daten nicht übernommen werden. Zum anderen bearbeiteten viele der Schülerinnen und Schüler zum zweiten Messzeitpunkt den LGVT nicht, sodass auch zur Kontrollvariable *Leseverständnis* bei vielen Lernenden keine Daten vorlagen. Neben diesen eingeschränkt vorhandenen Daten zum zweiten Messzeitpunkt muss auch zum dritten Messzeitpunkt eine Einschränkung festgehalten werden. Aufgrund der nach wie vor angespannten Lage an vielen Schulen zum dritten Messzeitpunkt erklärten sich nur noch drei der sechs ursprünglich an der Studie beteiligten Schulen zu einer erneuten Teilnahme an den Testungen bereit. Dies schränkt die Vergleichbarkeit dieses Messzeitpunktes mit den beiden anderen ein. Die verschiedenen Kohorten wurden zwar anhand der Kontrollvariablen *Leseverständnis* und *kognitive Fähigkeiten* auf ihre Vergleichbarkeit hin überprüft, diese Überprüfung war aber zum einen durch die unvollständigen Datensätze und zum anderen durch die veränderten Durchführungsbedingungen ebenfalls nur eingeschränkt interpretierbar. Zudem zeigte sich beim Vergleich der Daten vor und nach den Schulschließungen in einer der Jahrgangsstufen trotz auf Grundlage der Kontrollvariablen vergleichbarer Kohorten ein Unterschied, der vermutlich durch die Zusammensetzung der Kohorten aus Klassen verschiedener Schulen zustande kam. Zusätzlich zu diesen Limitationen der Ergebnisse, die sich aus der Zusammensetzung der Datensätze ergeben, muss bei der Interpretation dieser Ergebnisse berücksichtigt werden, dass die Erklärungsansätze, die sich auf die veränderten Durchführungsbedingungen der zu Hause bearbeiteten Testhefte beziehen, nicht auf Grundlage der Daten belegt werden können. Diese können lediglich auf Basis verschiedener Schlussfolgerungen vermutet und als naheliegend angenommen werden. Zuletzt muss angemerkt werden, dass die beschriebene Studie auf Basis der curricularen Vorgaben für das Land Nordrhein-Westfalen durchgeführt wurde und die Ergebnisse sich folglich auch nur auf dieses Bundesland und die dort erwarteten chemiebezogenen

Kompetenzen beziehen. Zudem wurde die Studie auf Basis des Lehrplans Sachunterricht aus dem Jahr 2008 entwickelt (MSW NRW, 2008) und bezieht sich noch nicht auf den seit 2021 vorliegenden neuen Lehrplan Sachunterricht für Nordrhein-Westfalen (MSB NRW, 2021). Die beiden letzten Einschränkungen lassen sich jedoch dadurch relativieren, dass sich die im Rahmen der Studie als für das Fach Chemie relevant erwiesenen Kompetenzen aus dem Lehrplan Sachunterricht auch im Perspektivrahmen Sachunterricht wiederfinden lassen. Dies lässt zwar keine Aussagen darüber zu, ob sich ähnliche Ergebnisse auch in anderen Bundesländern zeigen würden, es legt aber zumindest nahe, dass das entwickelte Testinstrument auch in anderen Bundesländern zur Messung der im Sachunterricht erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen eingesetzt werden kann.

Zuletzt wird im Folgenden ein Ausblick auf einen möglichen Umgang mit den gewonnenen Ergebnissen gegeben. Zum einen zeigten sich im Rahmen der Ergänzungsstudie verschiedene Ergebnisse zur Messung von Kompetenzen der Lernenden unter verschiedenen Testbedingungen. Da sich die Ergebnisse zwischen den verschiedenen Jahrgangsstufen unterschieden, wäre hier eine Betrachtung aller Jahrgangsstufen unter kontrollierten Bedingungen und mit einer größeren Stichprobe hilfreich, um genauere Aussagen dazu zu erhalten, warum diese Unterschiede in den verschiedenen Jahrgangsstufen unterschiedlich ausfallen und ob Testungen bevorzugt von zu Hause aus oder im Präsenzunterricht durchgeführt werden sollten. Zum anderen ließen sich aus den Ergebnissen der beiden Teilstudien bereits Schlussfolgerungen für eine bessere Gestaltung der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht ableiten. Dabei wurde unter anderem darauf verwiesen, dass verbindlichere Vorgaben im Lehrplan Sachunterricht zu einem weniger heterogenen Bild der zum Ende der Grundschulzeit vorhandenen (chemiebezogenen) Kompetenzen führen könnte. Da der 2021 veröffentlichte Lehrplan Sachunterricht im Vergleich zum zuvor gültigen Lehrplan Sachunterricht von 2008 die Wahlmöglichkeiten und individuellen Vorlieben der Lehrkräfte bereits stärker einschränkt, wäre es interessant zu beobachten, inwiefern sich die im Rahmen der Studie festgestellten Ergebnisse in den nächsten Jahren replizieren lassen. Dazu müsste zunächst überprüft werden, inwiefern die mithilfe des entwickelten Testinstruments gemessenen Kompetenzen alle im neuen Lehrplan Sachunterricht geforderten Kompetenzen abdecken, um im darauffolgenden Schritt diese Kompetenzen in den nächsten Jahren zum Ende der vierten Jahrgangsstufe oder zu Beginn der fünften Jahrgangsstufe zu erheben. Auf diese Weise könnte überprüft werden, inwiefern die Bedingungen für eine im Sinne des kumulativen Lernens erfolgreiche Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht und dem Chemieunterricht im Laufe der folgenden Jahre verbessert werden und welche weiteren Maßnahmen eventuell eingeleitet werden müssen, um die im Sachunterricht erworbenen chemiebezogenen Kompetenzen für den Chemieunterricht der Sekundarstufe I nutzbar zu machen.

# 10. Verzeichnisse

## 10.1 Literaturverzeichnis


AAAS. (2001). *Atlas of Science Literacy: Project 2061*. American Association for the Advancement of Science.

AAAS. (2013). *Project 2061: Benchmarks and standards as tools for science education reform*. http://www.project2061.org/publications/articles/nelson/nelson1.htm [29.07.2020].

Adamina, M., Balmer, T., Gfeller, S., Hirt, U., Michel, J., Nattiel, M. & Wagner, U. (2015). *Kompetenzorientiert unterrichten mit dem Lehrplan 21: Grundlagendokument zur Einführung des Lehrplans 21 im Kanton Bern, Teil 2.* PHBern und Erziehungsdirektion des Kantons Bern. https://www.phbern.ch/lehrplan-21/grundlagen.html [17.03.2020].

Adams, R. & Wu, M. (2002). *PISA 2000 Technical Report*. OECD.

Atkin, J. M., Bianchini, J. A. & Holthuis, N. I. (1997). The Different Worlds of Project 2061. In S. A. Raizen & E. D. Britton (Hrsg.), *Bold Ventures: Case Studies of U.S. Innovations in Science Education* (S. 131-246). Springer Netherlands.

Beck, G. (2002). *Den Übergang gestalten: Wege vom 4. ins 5. Schuljahr*. Kallmeyer.

Behrendt, A., Walpuski, M. & Rau-Patschke, S. (2019). Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe* (S. 735-738).

Bernholt, S., Höft, L. & Parchmann, I. (2020). Die Entwicklung fachlicher Basiskonzepte im Chemieunterricht - Findet ein kumulativer Aufbau im Kompetenzbereich Fachwissen statt? *Unterrichtswissenschaft*, *48*, 35-59.

Blaseio, B. (2014). Zur aktuellen Situation des Schulfaches Sachunterricht in den Bundesländern. In GDSU (Hrsg.), *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e.V.* (S. 25-31). Klinkhardt.

Bond, T. G. & Fox, C. M. (2007). *Applying the Rasch Model: Fundamental Measurement in the Human Sciences* (2. Auflage). Lawrence Erlbaum Associates.

Bortz, J. & Schuster, C. (2016). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler* (Limitierte Sonderausgabe, 7., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0 [15.01.2022].

Bos, W., Wendt, H., Köller, O., Selter, C., Schwippert, K. & Kasper, D. (2016). TIMSS 2015: Wichtige Ergebnisse im Überblick. In H. Wendt, W. Bos, C. Selter, O. Köller, K. Schwippert & D. Kasper (Hrsg.), *TIMSS 2015: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 13-29). Waxmann Verlag.

Brüggerhoff, J., Rau-Patschke, S. & Rumann, S. (2020). Anschlussfähige Übergangsgestaltung im Kontext der Lehrerinnen- und Lehrerprofessionalisierung. In S. Offen, M. Barth, U. Franz & K. Michalik (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Bd. 30. „Brüche und Brücken" - Übergänge im Kontext des Sachunterrichts* (S. 133-140). Klinkhardt.

Büchner, P. & Koch, K. (2001). *Der Übergang aus Kinder- und Elternsicht. Von der Grundschule in die Sekundarstufe: Band 1*. Leske + Budrich.

Bühner, M. (2011). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (3. Aufl.). *Psychologie*. Pearson Studium.

Bühner, M. & Ziegler, M. (2017). *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). Pearson. http://lib.myilibrary.com?id=1003080 [15.01.2022].

Bybee, R. W. (2002). Scientific Literacy - Mythos oder Realität. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 21-43). Leske + Budrich.

Celik, K. N. (im Druck). *Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos.

Collin, C. (2008). *Chemie fürs Leben - neue Unterrichtskonzeptionen für chemische Aspekte im Naturwissenschaftsunterricht in der Orientierungsstufe und für den Chemieanfangsunterricht.*

Demuth, R. & Kahlert, J. (2007). *Übergänge gestalten: SINUS-Transfer Grundschule. Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. IPN.

Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5., vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5 [15.01.2022].

Dunker, N. (2010). *Concept Maps im naturwissenschaftlichen Sachunterricht*. Didaktisches Zentrum.

Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur. (2011). *Naturwissenschaftlicher Unterricht in Europa: Politische Maßnahmen, Praktiken und Forschung*. Exekutivagentur Bildung Audiovisuelles und Kultur.

Field, A. (2005). *Discovering Statistics Using SPSS*. Sage Publications.

Fischer, H. E., Glemnitz, I., Kauertz, A. & Sumfleth, E. (2007). Auf Wissen aufbauen - kumulatives Lernen in Chemie und Physik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik: Theorie und Praxis* (S. 657-678). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-34091-1_22 [20.12.2018].

Fleiss, J. L. (1971). Measuring Nominal Scale Agreement Among Many Raters. *Psychological Bulletin*, *76*(5), 378–382.

GDSU. (2013). *Perspektivrahmen Sachunterricht* (Vollständig überarbeitete und erweiterte Ausgabe). Klinkhardt.

Giest, H. (2010). Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 11-22). Klinkhardt.

Giest, H. & Marquardt-Mau, B. (2013). Anschlussfähigkeit sichern – Übergänge gestalten: Übergänge sind Lernchancen, die nicht verpasst werden sollten! *Sachunterricht*(2), 4-7.

Giest, H. & Pech, D. (Hrsg.). (2010). *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht*. Klinkhardt.

Graalmann, K. (2018). Pädagogische Gestaltungsmöglichkeiten zur Unterstützung des Übergangs an Grundschulen und weiterführenden Schulen. In R. Porsch (Hrsg.), *utb: Bd. 5044. Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Grundlagen für die Lehrerausbildung, Fortbildung und Praxis* (S. 213-230). Waxmann.

Gräber, W., Nentwig, P. & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 135-145). Leske + Budrich.

Hacker, H. (1997). Die Übergänge zur Sekundarstufe I: Anmerkungen zum „zweiten Schulbeginn“. *Praxis Schule 5-10*(2), 58-60.

Hammerstein, S., König, C., Dreisörner, T. & Frey, A. (2021). *Effects of COVID-19-Related School Closures on Student Achievement – A Systematic Review.* Goethe Universität Frankfurt, Centre for Educational Measurement (CEMO) an der Universität Oslo. https://psyarxiv.com/mcnvk/ [21.06.2021].

Hank, B. (2013). *Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie: Eine quasiexperimentelle Längsschnittstudie. Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 155*. Logos Berlin.

Heimsch, F., Niederer, R. & Zöfel, P. (2018). *Statistik im Klartext: Für Psychologen, Wirtschafts- und Sozialwissenschaftler* (2., aktualisierte und erweiterte Auflage). Pearson Deutschland.

Heller, K. A. & Perleth, C. (2000). *Kognitiver Fähigkeitstest für 4. bis 12. Klasse, Revision (KFT 4-12 + R)*. Hogrefe.

Hempel, M. (2010). Zur Anschlussfähigkeit der Sachfächer an den Sachunterricht – eine Erkundungsstudie. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 75-82). Klinkhardt.

Hempel, M. (2013). Anschlussfähigkeit an die Sachfächer der Sekundarstufe: Die Qualität des Sachunterrichts – eine wichtige Voraussetzung. *Grundschulunterricht Sachunterricht*(2), 8-11.

Höffler, T. N., Lüthjohann, F. & Parchmann, I. (2014). Welche Wirkungen erzielt ein naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht? *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 87-99. https://doi.org/10.1007/s40573-014-0009-1 [20.12.2018].

Holzapfel, M. (2018). *Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I. Studien zum Physik- und Chemielernen*. Logos.

Hostenbach, J. (2011). *Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht. Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 121*. Logos.

Jonkisz, E., Moosbrugger, H. & Brandt, H. (2012). Planung und Entwicklung von Tests und Fragebogen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 27-74). Springer.

Kähler, J., Hahn, I., Ihme, J. M. & Köller, O. (2020). Empirische Arbeit: Naturwissenschaftliche Kompetenz von Vorschulkindern. Effekte von Struktur- und Prozessmerkmalen des Elternhauses und der Kindertagesstätte auf die naturwissenschaftliche Kompetenz von 4- bis 6-Jährigen. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *0*(0). https://www.reinhardt-journals.de/index.php/peu/article/view/152956/5508 [15.01.2022].

Kattmann, U. (2003). Vom Blatt zum Planeten – Scientific Literacy und kumulatives Lernen im Biologieunterricht und darüber hinaus. In B. Moschner, H. Kiper & U. Kattmann (Hrsg.), *PISA 2000 als Herausforderung: Perspektiven für Lehren und Lernen* (S. 115-137). Schneider Verlag Hohengehren.

Kauertz, A., Fischer, H. E., Lau, A. & Neumann, K. (2008). Kompetenzmessung durch Leistungstests: Hilfe oder Druckmittel? *MNU*, *61*(2), 75-79.

Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *16*, 135-153.

Kelava, A. & Moosbrugger, H. (2012). Deskriptivstatistische Evaluation von Items (Itemanlyse) und Testwertverteilungen. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 76-102). Springer.

Klieme, E. (2004). Was sind Kompetenzen und wie lassen sie sich messen? *Pädagogik*(6), 10-13.

Klieme, E. & Leutner, D. (2006). Kompetenzmodelle zur Erfassung individueller Lernergebnisse und zur Bilanzierung von Bildungsprozessen. Beschreibung eines neu eingerichteten Schwerpunktprogramms der DFG. *Zeitschrift für Pädagogik*, *52*(6), 876-903.

Klos, S. (2008). *Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht: Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 89*. Logos.

KMK. (2005). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Luchterhand.

KMK. (2015). *Übergang von der Grundschule in Schulen des Sekundarbereichs I und Förderung, Beobachtung und Orientierung in den Jahrgangsstufen 5 und 6 (sog. Orientierungsstufe).* Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_02_19-Uebergang_Grundschule-SI-Orientierungsstufe.pdf [20.04.2020].

KMK. (2016). *Gesamtstrategie der Kultusministerkonferenz zum Bildungsmonitoring*. Carl Link.

Koeppen, K., Hartig, J., Klieme, E. & Leutner, D. (2008). Current Issues in Competence Modeling and Assessment. *Zeitschrift für Psychologie / Journal of Psychology*, *216*(2), 61-73.

Kohnen, M. & Racherbäumer, K. (2013). Übergänge ohne Brüche?! Individualisierter Unterricht im MINT Bereich. In S. Bernholt (Hrsg.), *Inquiry-based Learning – Forschendes Lernen: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Hannover 2012* (S. 455-457). IPN.

Kramer, R.-T., Helsper, W., Thiersch, S. & Ziems, C. (2009). *Selektion und Schulkarriere: Kindliche Orientierungsrahmen beim Übergang in die Sekundarstufe I*. *Studien zur Schul- und Bildungsforschung: Band 29*. Verlag für Sozialwissenschaften.

Land Nordrhein-Westfalen (Hrsg.). (2021). *Coronavirus (COVID-19).* Staatskanzlei des Landes Nordrhein-Westfalen. https://www.land.nrw/de/tags/coronavirus-covid-19?combine=&type=All [14.07.2021].

Lee, J. (2012). Cumulative Learning. In N. M. Seel (Hrsg.), *Encyclopedia of the Sciences of Learning* (S. 887-893). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1660 [15.01.2022].

Liegmann, A. B. (2014). Der Grundschulübergang als komplexer Prozess: Empirische Forschung zum Übergang von der Primarstufe in die Sekundarstufe I. In A. B. Liegmann, I. Mammes & K. Racherbäumer (Hrsg.), *Facetten von Übergängen im Bildungssystem: Nationale und internationale Ergebnisse empirischer Forschung* (S. 35-48). Waxmann.

Linacre, J. M. (2000). *Comparing and Choosing between “Partial Credit Models” (PCM) and “Rating Scale Models” (RSM).* https://www.rasch.org/rmt/rmt143k.htm [02.03.2021].

Linacre, J. M. (2020). *A User’s Guide to WINSTEPS MINISTEP Rasch-Model Computer Programs: Program Manual 4.7.0.*

Mannel, S. (2011). *Assessing scientific inquiry - Development and evaluation of a test for the low-performing stage*. *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 111.*

Meidinger, H.-P. (2010). Der Übertritt auf eine weiterführende Schule – konkret und grundsätzlich. In S. Lin-Klitzing, D. Di Fuccia & G. Müller-Frerich (Hrsg.), *Gymnasium, Bildung, Gesellschaft. Übergänge im Schulwesen: Chancen und Probleme aus sozialwissenschaftlicher Sicht* (S. 19-34). Klinkhardt.

Möller, K. (2010). Naturwissenschaftliche und technische Bildung in der Grundschule und im Übergang. In A. a. Campo & G. Graube (Hrsg.), *Übergänge gestalten: Naturwissenschaftliche und technische Bildung am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe* (S. 15-35). VDI Beruf und Gesellschaft.

Möller, K. (2014). Vom naturwissenschaftlichen Sachunterricht zum Fachunterricht – Der Übergang von der Grundschule in die weiterführende Schule. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *20*(1), 33-43.

Möller, K. (2016a). Anschlussfähigkeit im Sachunterricht nach unten und oben herstellen - Ziele, Bedingungen und Möglichkeiten. In H. Giest, T. Goll & A. Hartinger (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 26. Sachunterricht - zwischen Kompetenzorientierung, Persönlichkeitsentwicklung, Lebenswelt und Fachbezug* (S. 21-34). Verlag Julius Klinkhardt.

Möller, K. (2016b). Stufenübergreifendes Lernen fördern - Problem, Ziele, Konzept, Projektaufbau. In C. Maurer (Hrsg.), *Authentizität und Lernen - das Fach in der Fachdidaktik: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik Jahrestagung in Berlin 2015* (S. 243-245).

Möller, K., Kleickmann, T. & Lange, K. (2013). Naturwissenschaftliches Lernen im Übergang von der Grundschule zur Sekundarstufe. In H. E. Fischer & E. Sumfleth (Hrsg.), *Studien zum Physik- und Chemielernen: Band 100. nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht* (S. 57-120). Logos.

Moormann, A. (2015). *Entwicklung von Schülereinstellungen zu den Fächern Sachunterricht, Naturwissenschaften und Biologie beim Übergang von der Grundschule in die Sekundarstufe I.*

Moosbrugger, H. (2012). Item-Response-Theorie. In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 227-274). Springer.

Moosbrugger, H. & Kelava, A. (2012). Qualitätsanforderungen an einen psychologischen Test (Testgütekriterien). In H. Moosbrugger & A. Kelava (Hrsg.), *Springer-Lehrbuch. Testtheorie und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl., S. 7-26). Springer.

MSB NRW. (2019). *Kernlehrplan für die Sekundarstufe I Gymnasium in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. Ritterbach.

MSB NRW. (2021). *Lehrplan für die Primarstufe in Nordrhein-Westfalen: Fach Sachunterricht.*

MSW NRW. (2008). *Lehrplan Sachunterricht für die Grundschulen des Landes Nordrhein-Westfalen*. Ritterbach.

MSW NRW. (2011a). *Kernlehrplan für die Hauptschule in Nordrhein-Westfalen: Lernbereich Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik*. Ritterbach.

MSW NRW. (2011b). *Kernlehrplan für die Realschule in Nordrhein-Westfalen: Chemie*. Ritterbach.

MSW NRW. (2013). *Kernlehrplan für die Gesamtschule - Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen: Naturwissenschaften Biologie, Chemie, Physik* (2. Auflage). Ritterbach.

Mückel, W. (2018). Übergangsgestaltung im Fach Deutsch: Weiterführung der Kompetenzentwicklung in den Arbeitsfeldern des Deutschunterrichts. In R. Porsch (Hrsg.), *utb: Bd. 5044. Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Grundlagen für die Lehrerausbildung, Fortbildung und Praxis* (S. 251-274). Waxmann.

Munser-Kiefer, M. & Martschinke, S. (2018). Begriff, Bedeutung und Bewältigung des Übergangs auf die weiterführenden Schulen. In R. Porsch (Hrsg.), *utb: Bd. 5044. Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Grundlagen für die Lehrerausbildung, Fortbildung und Praxis* (S. 13-39). Waxmann.

National Research Council. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. The National Academies Press. https://doi.org/10.17226/18290 [15.01.2022].

Neumann, K., Fischer, H. E. & Sumfleth, E. (2008). Vertikale Vernetzung und kumulatives Lernen im Chemie- und Physikunterricht. In E.-M. Lankes (Hrsg.), *Pädagogische Professionalität als Gegenstand empirischer Forschung* (S. 141-151). Waxmann.

Nuffield Foundation & Collins Educational. (1999). *Nuffield Primary Science*. https://www.stem.org.uk/cx4zn [29.07.2020].

OECD. (2019). *PISA 2018 Ergebnisse (Band 1): Was Schülerinnen und Schüler wissen und können*. PISA. wbv media. https://doi.org/10.1787/1da50379-de [15.01.2022].

Pfeifer, P. (2012). Vom Anfangsunterricht zum Fachunterricht: Begriff, Rahmenbedingungen und Gestaltungsspielraum. *Unterricht Chemie*, *23*(130/131), 85-87.

Pollmeier, J., Hardy, I., Koerber, S. & Möller, K. (2011). Lassen sich naturwissenschaftliche Lernstände im Grundschulalter mit schriftlichen Aufgaben valide erfassen? *Zeitschrift für Pädagogik*, *57*(6), 834–853.

Pollmeier, K., Walper, L. M., Lange, K., Kleickmann, T. & Möller, K. (2014). Vom Sachunterricht zum Fachunterricht – Physikbezogener Unterricht und Interessen im Übergang von der Primar- zur Sekundarstufe. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, *7*(2), 129-145.

Popping, R. (2019). *Introduction to Interrater Agreement for Nominal Data*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11671-2 [15.01.2022].

Porsch, R. (2018). Kooperation von Lehrkräften im Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Zur professionellen Zusammenarbeit an und zwischen Schulen. In R. Porsch (Hrsg.), *utb: Bd. 5044. Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Grundlagen für die Lehrerausbildung, Fortbildung und Praxis* (S. 231-250). Waxmann.

Prenzel, M., Geiser, H., Langeheine, R. & Lobemeier, K. (2003). Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In W. Bos, E.-M. Lankes, M. Prenzel, K. Schwippert, G. Walther & R. Valtin (Hrsg.), *Erste Ergebnisse aus Internationalen Grundschul-Lese-Untersuchungen. Erste Ergebnisse aus IGLU: Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich* (S. 143-187). Waxmann.

Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E. & Köller, Olaf. (2016). *PISA 2015. Eine Studie zwischen Kontinuität und Innovation: Zusammenfassung*. Waxmann.

Reiss, K., Weis, M., Klieme, E. & Köller, Olaf. (2019). *PISA 2018. Grundbildung im internationalen Vergleich: Zusammenfassung*. Waxmann.

Rieck, K. & Fischer, C. (2010). Die Gestaltung des Übergangs als Aufgabe der Unterrichtsentwicklung: Erfahrungen aus SINUS-Transfer Grundschule. In H. Giest & D. Pech (Hrsg.), *Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts: Band 20. Anschlussfähige Bildung im Sachunterricht* (S. 41-48). Klinkhardt.

Roos, J. & Schöler, H. (2013). *Transitionen in der Bildungsbiographie: Der Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich*. *Research*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-531-93269-9 [15.01.2022].

Ropohl, M. (2010). *Modellierung Von Schülerkompetenzen Im Basiskonzept Chemische Reaktion: Entwicklung und Analyse Von Testaufgaben*. *Studien Zum Physik- und Chemielernen*. Logos.

Rother, A. & Walpuski, M. (2018). Eine Landkarte des Lernens im Chemieunterricht: Vernetztes Lernen anlegen und mit Diagnoseaufgaben sichern. In G. Trendel & J. Roß (Hrsg.), *Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS. SINUS.NRW: Verständnis fördern – Lernprozesse gestalten: Mathematik und Naturwissenschaften weiterdenken* (S. 193-208). Waxmann.

Rother, A. & Walpuski, M. (2020). Vernetztes Lernen im Chemieunterricht. In Joachim Roß (Hrsg.), *Beiträge zur Schulentwicklung | PRAXIS. SINUS.NRW: Motivation*

*durch kognitive Aktivierung: Impulse zur Weiterentwicklung des Unterrichts in den MINT-Fächern* (S. 83-100). wbv media.

Schmidt, M. (2015). *Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften: Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung". Studien zum Physik- und Chemielernen: Bd. 178*. Logos.

Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2017). *LGVT 5-12+: Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 5-12* (2., erweiterte und neu normierte Auflage). Hogrefe.

Schürer, S., Harazad, B. & van Ophuysen, S. (2006). Übergangsgestaltung durch schulstufenübergreifende Lehrerkooperation. In R. Hinz (Hrsg.), *Entwicklungslinien der Grundschulpädagogik: Band 3. Professionelles Handeln in der Grundschule: Entwicklungslinien und Forschungsbefunde* (S. 90-96). Schneider Verlag Hohengehren.

Shin, N., Choi, S.-Y., Stevens, S. Y. & Krajcik, J. S. (2017). The Impact of Using Coherent Curriculum on Students' Understanding of Core Ideas in Chemistry. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *17*, 295-315.

Stanat, P., Schipolowski, S., Mahler, N., Weirich, S. & Henschel, S. (Hrsg.). (2019). *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich*. Waxmann.

Steffensky, M., Scholz, L. A., Kasper, D. & Köller, O. (2020). Naturwissenschaftliche Kompetenzen im internationalen Vergleich: Testkonzeption und Ergebnisse. In K. Schwippert, D. Kasper, O. Köller, N. McElvany, C. Selter, M. Steffensky & H. Wendt (Hrsg.), *TIMSS 2019: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich* (S. 115-168). Waxmann.

Strobl, C. (2010). *Das Rasch-Modell: Eine verständliche Einführung für Studium und Praxis. Sozialwissenschaftliche Forschungsmethoden: Bd. 2*. Rainer Hampp Verlag.

Thomas, B. (2014). Historische Entwicklungslinien des Schulfaches Sachunterricht. In GDSU (Hrsg.), *Die Didaktik des Sachunterrichts und ihre Fachgesellschaft GDSU e.V.* (S. 15-23). Klinkhardt.

van Ophuysen, S. (2018). Der Übergang von der Grundschule auf die weiterführende Schule: Erleben und Entwicklung der Kinder: Theorie und Forschungsstand. In R. Porsch (Hrsg.), *utb: Bd. 5044. Der Übergang von der Grundschule auf weiterführende Schulen: Grundlagen für die Lehrerausbildung, Fortbildung und Praxis* (S. 115-137). Waxmann.

van Ophuysen, S. & Harazd, B. (2011). *Der Übergang von der Grundschule zur weiterführenden Schule - Gestaltung, Beratung, Diagnostik. SINUS an Grundschulen. Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. IPN.

Weber, K. (2018). *Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I.*

Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Beltz Pädagogik. Leistungsmessungen in Schulen* (2. Aufl., S. 17-31). Beltz.

Weirich, S., Becker, B. & Holtmann, M. (2019). Kompetenzstufenbesetzungen in den naturwissenschaftlichen Fächern. In P. Stanat, S. Schipolowski, N. Mahler, S. Weirich & S. Henschel (Hrsg.), *IQB-Bildungstrend 2018: Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I im zweiten Ländervergleich* (S. 169-199). Waxmann.

Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards - eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, *18*, 261-291.

Wirtz, M. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe.

Wiser, M., Smith, C. L. & Doubler, S. (2012). Learning Progressions as Tools for Curriculum Development: Lessons from the Inquiry Project. In A. C. Alonzo & A. W. Gotwals (Hrsg.), *Learning progressions in science. Learning Progressions in Science: Current Challenges and Future Directions* (S. 359-403). Sense Publishers.

Wodzinski, R. (2011). *Naturwissenschaftliche Fachkonzepte anbahnen - Anschlussfähigkeit verbessern: SINUS-Transfer Grundschule. Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts*. IPN.

## 10.2 Abkürzungsverzeichnis

| | |
|---|---|
| AAAS | American Association for the Advancement of Science |
| ANCOVA | Analysis of Covariance |
| ANOVA | Analysis of Variance |
| DAH | Denk-, Arbeits- und Handlungsweisen |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| GDSU | Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts |
| ICC | Item-Characteristic-Curve |
| IGLU | Internationale Grundschule-Leseuntersuchung |
| IQB | Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen |
| IRT | Item-Response-Theory |
| JMLE | Joint Maximum Likelihood Estimation |
| KFT | Kognitiver Fähigkeitstest |
| KMK | Kultusministerkonferenz |
| LGVT | Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest |
| MSB NRW | Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen |
| MSW NRW | Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen |
| MZP | Messzeitpunkt |
| N1-Skala | Skala zu nonverbalen Fähigkeiten |
| NAW-L-Test | Naturwissenschaftlicher-Arbeitsweisen-Test |
| nwu | Naturwissenschaftlicher Unterricht |
| OECD | Organisation for Economic Cooperation and Development |
| PIRLS | Programme for International Reading Literacy Study |
| PISA | Programme for International Student Assessment |
| PK-Test | Prozessbezogener-Kompetenzen-Test |
| PRISE | Übergang vom Primar- zum Sekundarbereich |
| SPACE | Science Processes and Concept Exploration |
| SUSe I | Übergang vom Sachunterricht der Primarstufe in den Fachunterricht der Sekundarstufe I |
| TB | Themenbereiche |
| TIMSS | Trends in International Mathematics and Science Study |
| ÜB | Übergangsphase – Beginn (ÜB) |
| ÜM1 | Übergangsphase – Mitte 1 (ÜM1) |
| ÜM2 | Übergangsphase – Mitte 2 (ÜM2) |
| CB | Chemieunterricht – Beginn des ersten Lernjahres (CB) |
| CE | Chemieunterricht – Ende des ersten Lernjahres (CE) |
| VERA | Vergleichsarbeiten |

## 10.3 Abbildungsverzeichnis

## 10.4 Tabellenverzeichnis

## 11. Anhang

I Digitaler Anhang

II Testheft – Instruktion und Beispielitem

III Items – Fachwissen

IV Items – Prozessbezogene Kompetenzen

V Kodiermanual

VI Ergänzende Tabellen und Diagramme

VII Publikationen und Vorträge

VIII Lebenslauf

IX Danksagung

X Eidesstattliche Erklärung

## I Digitaler Anhang

Im digitalen Anhang der Arbeit befinden sich die vollständige Lehrplansynopse und die Abbildung 8 aus dem Kapitel zur Pilotstudie. Dieser Arbeit liegt ein Downloadcode bei, über den der digitale Anhang eingesehen werden kann.

## II Testheft – Instruktion und Beispielitem

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

auf den nächsten Seiten findest du einen kurzen Test zu verschiedenen Themen, die du vielleicht aus deinem Alltag oder aus dem Unterricht kennst. Dazu werden dir verschiedene Fragen oder Aufgaben gestellt, die du so gut wie möglich beantworten sollst. Bitte beachte dabei diese **Hinweise**:

1. Bitte benutze zum Ausfüllen einen dunklen Stift.
2. Es ist nicht schlimm, wenn du etwas nicht weißt oder einen Fehler machst. Du bekommst keine Note für den Test und deine Lehrerin oder dein Lehrer erfährt nicht, wie du in dem Test abgeschnitten hast.
3. Bitte schreibe **nicht** deinen Namen auf den Test. Der Test ist anonym. Das bedeutet, dass niemand hinterher wissen soll, welchen Test du geschrieben hast.

Nun wird dir erklärt, **was du in dem Test machen sollst**:

Im grauen Feld findest du eine Frage oder Aufgabe und alle Informationen, die du zur Beantwortung brauchst. Manchmal siehst du dort auch Tabellen oder Abbildungen mit wichtigen Informationen. Zu jeder Frage oder Aufgabe werden dir mehrere Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Du sollst für jede Antwortmöglichkeit ankreuzen, ob sie richtig oder falsch ist. Wenn du nicht weißt, ob eine Antwort richtig oder falsch ist, kreuze „weiß nicht“ an.
Das könnte zum Beispiel so aussehen:

| **Wie nennt man die Flüssigkeit, die wir trinken und mit der wir uns waschen können?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Feuer | ☐ | ☒ | ☐ |
| Erde | ☐ | ☐ | ☒ |
| Wasser | ☒ | ☐ | ☐ |
| Luft | ☐ | ☒ | ☐ |

Wenn du aus Versehen das falsche Kästchen angekreuzt hast, male das Kästchen komplett aus und kreuze dann das richtige Kästchen an. Das könnte zum Beispiel so aussehen:

| **Wie nennt man die Flüssigkeit, die wir trinken und mit der wir uns waschen können?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Feuer | ☐ | ☒ | ☐ |
| Erde | ☐ | ☐ | ☒ |
| Wasser | ☒ | ☐ | ☐ |
| Luft | ■ | ☒ | ☐ |

Auf manchen Seiten findest du diesen Hinweis:

# STOPP

**Bitte blättere erst zur nächsten Seite um,**
**wenn dir ein Zeichen zum Umblättern gegeben wird.**

Immer wenn du diesen Hinweis siehst, dann warte bitte so lange, bis der Testleiter oder die Testleiterin ein Zeichen zum Umblättern gibt. Erst danach geht es mit den nächsten Fragen weiter.

Nun kann der Test beginnen. Versuche so viele Fragen wie möglich zu beantworten. Viel Spaß und Erfolg!

## III Items – Fachwissen

Items zum Basiskonzept *Chemische Reaktion* – Kompetenzen Sachunterricht:

| **Was muss alles vorhanden sein, damit du eine Kerze anzünden kannst und damit diese danach weiterbrennt?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| dunkler Rauch | ☐ | ☐ | ☐ |
| viel Licht | ☐ | ☐ | ☐ |
| kochendes Wasser | ☐ | ☐ | ☐ |
| Kerzenwachs | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sauerstoff in der Luft | ☐ | ☐ | ☐ |
| Zündquelle (z. B. Streichholz) | ☐ | ☐ | ☐ |

CR51

| **Was passiert bei einer Verbrennung mit dem Brennstoff?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Der Brennstoff reagiert mit dem Sauerstoff in der Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Brennstoff verwandelt sich zu Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Brennstoff verwandelt sich zu einer Flamme. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Brennstoff reagiert mit einem anderen Brennstoff. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Brennstoff reagiert mit dem Kohlenstoffdioxid in der Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Brennstoff reagiert mit Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |

CR52

| Welche neuen Stoffe entstehen, wenn eine Kerze brennt? | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Wasser | ☐ | ☐ | ☐ |
| Chlor | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sauerstoff | ☐ | ☐ | ☐ |
| Stickstoff | ☐ | ☐ | ☐ |
| Kohlenstoffdioxid | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasserstoff | ☐ | ☐ | ☐ |

CR53

| Wie kannst du eine Kerze löschen? | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Ich kann die Kerze auspusten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann Papier in die Flamme hal-ten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann die Kerze nach draußen in die Sonne stellen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann kalte Wassertropfen auf die Flamme spritzen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann die Kerze auf ein Glas stellen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann ein umgedrehtes Glas über die Kerze stülpen. | ☐ | ☐ | ☐ |

CR54

| **Was brennt an einer Kerze?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| die Luft | ☐ | ☐ | ☐ |
| das Kerzenwachs | ☐ | ☐ | ☐ |
| die Energie | ☐ | ☐ | ☐ |
| das Kohlenstoffdioxid | ☐ | ☐ | ☐ |
| der Docht | ☐ | ☐ | ☐ |
| das Wasser | ☐ | ☐ | ☐ |

CR55

Items zum Basiskonzept *Chemische Reaktion* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

| **Welche dieser Aussagen beschreiben eine chemische Reaktion?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Beim Erwärmen wird festes Eis zu flüssigem Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Beim Verbrennen von Eisen in Sauerstoff werden beide Stoffe zu Eisenoxid. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Beim Mischen von Sauerstoff und Stickstoff werden beide Stoffe zu Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Beim Verbrennen von Kohle in Sauerstoff werden beide Stoffe zu Kohlenstoffdioxid. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Beim Erhitzen wird flüssiges Wasser zu gasförmigem Wasserdampf. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Beim Lösen von Zucker in Wasser werden beide Stoffe zu Zuckerwasser. | ☐ | ☐ | ☐ |

CR71

| **Bei chemischen Reaktionen…** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| entsteht immer eine Mischung der Ausgangsstoffe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| ändern sich immer die Aggregatzustände der Ausgangsstoffe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| entstehen immer neue Stoffe mit neuen Eigenschaften. | ☐ | ☐ | ☐ |
| entstehen immer neue Stoffe mit unveränderten Eigenschaften. | ☐ | ☐ | ☐ |
| ändern sich immer die Eigenschaften der Ausgangsstoffe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| lösen sich die Ausgangsstoffe immer ineinander. | ☐ | ☐ | ☐ |

CR72

| **Was wird unter der Aktivierungsenergie verstanden?**<br><br>**Die Aktivierungsenergie wird benötigt, um…** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| eine chemische Reaktion ablaufen zu lassen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| eine chemische Reaktion zu beschleunigen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| eine chemische Reaktion heftiger ablaufen zu lassen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| bei einer chemischen Reaktion Energie freizusetzen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| eine chemische Reaktion langsamer ablaufen zu lassen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| eine chemische Reaktion zu unterbrechen. | ☐ | ☐ | ☐ |

CR73

Items zum Basiskonzept *Struktur der Materie* – Kompetenzen Sachunterricht:

| **Welche dieser Eigenschaften hat Luft?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Luft braucht Platz. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Luft ist nichts. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Luft kann etwas tragen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Luft wiegt etwas. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Luft kann man sehen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Luft ist blau. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM51

| **Welche besonderen Eigenschaften hat warme Luft?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Warme Luft braucht weniger Platz als kalte Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Warme Luft braucht mehr Platz als kalte Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Warme Luft wiegt nichts. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Warme Luft steigt nach oben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Warme Luft ist giftig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Warme Luft hat keine besonderen Eigenschaften. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM52

| Was passiert mit einem Eiswürfel, wenn du ihn in die Sonne legst? | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Der Eiswürfel wird flüssig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Eiswürfel wird zu Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Eiswürfel wird zu Schnee. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Eiswürfel beginnt zu brennen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Eiswürfel wird härter. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Eiswürfel wird weiß. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM53

| Was passiert, wenn du etwas Zucker in ein Glas warmes Wasser gibst und umrührst? | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Der Zucker ist nicht mehr sichtbar. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Zucker wird rot. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser wird rot. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Zucker schwimmt im Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Der Zucker löst sich im Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser wird wärmer. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM54

| **Woran erkennst du, dass Kochsalz in Wasser gelöst wurde?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Das Wasser hat eine andere Farbe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser schmeckt salzig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser ist hart. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser hat eine höhere Dichte. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser sorgt für einen stärkeren Auftrieb. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Das Wasser ist wärmer. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM55

Items zum Basiskonzept *Struktur der Materie* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

| **Es gibt bestimmte Stoffeigenschaften, mit deren Hilfe man einen Stoff eindeutig erkennen kann. Andere beobachtbare Eigenschaften sind veränderlich. Einen unbekannten Stoff erkenne ich eindeutig an…** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| seiner Farbe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| seiner Dichte. | ☐ | ☐ | ☐ |
| seiner Temperatur. | ☐ | ☐ | ☐ |
| seiner Masse. | ☐ | ☐ | ☐ |
| seinem Volumen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| seiner Form. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM71

| **In welchen Aggregatzuständen sind die Teilchen eines Stoffes ständig in Bewegung?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Die Teilchen sind **nur** in Gasen ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Teilchen sind **nur** in Flüssigkeiten ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Teilchen sind **nur** in Feststoffen ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Teilchen sind **nur** in Gasen und Flüssigkeiten ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Teilchen sind **nur** in Flüssigkeiten und Feststoffen ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Teilchen sind in Feststoffen, Flüssigkeiten und Gasen ständig in Bewegung. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM72

| **In Lösungen sind ein oder mehrere Stoffe in einem Lösemittel wie zum Beispiel Wasser gelöst.<br>Welche Stoffe können in Wasser gelöst werden?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| **Nur** Feststoffe. | ☐ | ☐ | ☐ |
| **Nur** Flüssigkeiten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| **Nur** Gase. | ☐ | ☐ | ☐ |
| **Nur** Feststoffe **und** Flüssigkeiten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| **Nur** Flüssigkeiten **und** Gase. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Feststoffe, Flüssigkeiten **und** Gase. | ☐ | ☐ | ☐ |

SM73

Items zum Basiskonzept *Energie* – Kompenzen Sachunterricht:

| **Wodurch gewinnen wir Energie zum Heizen unserer Häuser?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| durch die Nutzung von Erdwärme | ☐ | ☐ | ☐ |
| durch die Nutzung von Magneten | ☐ | ☐ | ☐ |
| durch die Nutzung der Sonne | ☐ | ☐ | ☐ |
| durch die Verbrennung von Kohle, Erdöl oder Erdgas | ☐ | ☐ | ☐ |
| durch die Nutzung von Computern | ☐ | ☐ | ☐ |
| durch die Verbrennung von heißem Wasser | ☐ | ☐ | ☐ |

EN51

| **Was passiert mit der Energie, die wir nutzen?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Die Energie verschwindet für immer. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie verändert sich, aber sie geht nie verloren. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie wird zerstört. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie wird verbraucht. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Mit der Energie passiert nichts. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie wird in eine andere Energieform umgewandelt. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN52

| **Wo ist die Energie, wenn wir sie *nicht* nutzen?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Die Energie ist in verschiedenen Materialien gespeichert. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie ist weg. Man kann sie nicht zurückholen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie bewegt sich überall in der Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Menschen haben noch nicht erforscht, wo die Energie ist. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie ist verbraucht. Es muss neue Energie erzeugt werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die gesamte Energie ist in der Sonne gespeichert. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN53

| **Welche Möglichkeiten zum Energiesparen gibt es?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Ich kann tagsüber das Licht ausschalten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann viel Wasser benutzen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann mir die Hände so oft wie möglich mit kaltem Wasser waschen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann mit dem Auto zur Schule fahren. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann bei offenem Fenster die Heizung ausschalten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ich kann den Fernseher immer eingeschaltet lassen. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN54

| **Welche Gründe für das Energiesparen kennst du?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Erdöl, Erdgas und Kohle sind irgendwann verbraucht. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie ist irgendwann verbraucht. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wenn man nicht sparsam mit Energie umgeht, muss man immer eine Strafe bezahlen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Erdöl, Erdgas und Kohle wachsen nur langsam nach. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Verbrennung von Erdöl, Erdgas und Kohle verschmutzt die Umwelt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Energie verschwindet schneller, wenn man nicht sparsam damit umgeht. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN55

Items zum Basiskonzept *Energie* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

| **Welche Aussagen über Energie sind richtig?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Energie kann erzeugt, aber **nicht** vernichtet werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Energie kann **nicht** erzeugt, aber vernichtet werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Energie kann erzeugt und vernichtet werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Energie kann **nicht** erzeugt und **nicht** vernichtet werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Energie kann umgewandelt werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Energie kann **nicht** umgewandelt werden. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN71

| Beim Lösen mancher Salze kann man eine Temperaturerhöhung feststellen. Die Lösung wird wärmer. Woher kommt die Wärmeenergie? | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Aus der Umgebung. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Aus der Luft. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Aus den Salzen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Aus dem Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Aus dem Becherglas. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Aus der Sonne. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN72

| Wenn ein Stück Holz in einem Kaminfeuer verbrannt wird, … | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| wird Wärmeenergie aus der Umgebung aufgenommen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| wird Wärmeenergie an die Umgebung abgegeben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| wird zu Beginn Aktivierungsenergie benötigt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| findet eine endotherme Reaktion statt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| findet eine exotherme Reaktion statt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| findet eine Reaktion ohne Energieumsatz statt. | ☐ | ☐ | ☐ |

EN73

## IV Items – Prozessbezogene Kompetenzen

Items zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* – Kompetenzen Sachunterricht:

**Tim und Anna wissen, dass eine brennende Kerze immer kleiner wird. Sie zünden eine dünne und eine dicke Kerze an. Am Anfang sind *beide Kerzen 10 cm* hoch.**

**Ergebnisse:**

| | **nach 5 Minuten** | **nach 10 Minuten** | **nach 15 Minuten** | **nach 20 Minuten** |
|---|---|---|---|---|
| **dünne Kerze** | 8 cm | 6 cm | 4 cm | 2 cm |
| **dicke Kerze** | 9 cm | 8 cm | 7 cm | 6 cm |

**Welche der Aussagen zu den Ergebnissen sind richtig?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Nach 15 Minuten sind beide Kerzen kleiner als am Anfang. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nach 5 Minuten sind beide Kerzen gleich groß. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nach 10 Minuten sind beide Kerzen genauso groß wie am Anfang. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nach 20 Minuten ist die dünne Kerze kleiner als die dicke Kerze. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nach 20 Minuten ist die dicke Kerze kleiner als die dünne Kerze. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nach 20 Minuten sind beide Kerzen gleich groß. | ☐ | ☐ | ☐ |

EK51

| **Tim und Anna untersuchen in einem Experiment eine Flüssigkeit, die sie nicht kennen.<br><br>Welche Regeln sollten Tim und Anna beachten, wenn sie mit der unbekannten Flüssigkeit sicher experimentieren möchten?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| Sie müssen einen Schutzkittel anziehen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie müssen die Flüssigkeit probieren. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie müssen eine große Menge der Flüssigkeit anzünden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie müssen eine Schutzbrille aufsetzen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie müssen Schutzhandschuhe anziehen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie müssen die Flüssigkeit anfassen. | ☐ | ☐ | ☐ |

EK52

**Tim und Anna haben eine Geheimschrift mit Zitronensaft gemacht. Erst wenn man das Papier über eine Kerze hält, kann man die Schrift lesen.**

**Tim und Anna haben diese Idee: Bestimmt kann man die Geheimschrift auch dann *sehr gut* lesen, wenn man wenig Zitronensaft nimmt.**

**Tim und Anna probieren das in einem Experiment aus. Welche Beobachtung bestätigt die Idee von Tim und Anna?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Die Schrift kann man nicht lesen. Es fehlen zu viele Buchstaben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schrift kann man nicht gut lesen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schrift kann man gut lesen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schrift kann man gar nicht lesen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schrift kann man kaum lesen. Sie ist sehr blass. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schrift kann man schlecht lesen. Die Buchstaben verlaufen auf dem Papier. | ☐ | ☐ | ☐ |

EK53

| **Tim und Anna haben diese Idee: In einer Frühstücksdose werden Äpfel langsamer braun als in einer Papiertüte.**<br><br>**Wie können Tim und Anna ihre Idee prüfen?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Äpfel in Frühstücksdose **und** Äpfel in Papiertüte | ☐ | ☐ | ☐ |
| Äpfel in Papiertüte | ☐ | ☐ | ☐ |
| Äpfel in Frühstücksdose **und** Äpfel in Frühstücksdose | ☐ | ☐ | ☐ |
| Äpfel in Frühstücksdose | ☐ | ☐ | ☐ |
| Äpfel in Papiertüte **und** Äpfel in Papiertüte | ☐ | ☐ | ☐ |
| Äpfel in Papiertüte **und** Papiertüte in Frühstücksdose | ☐ | ☐ | ☐ |

EK54

| **Tim und Anna haben diese Idee: Bestimmt ist die Schokolade in der Sonne nach *weniger als 30 Minuten* geschmolzen.**<br><br>**Testergebnis: Die Schokolade ist *nach 20 Minuten* geschmolzen.**<br><br>**Haben Tim und Anna mit ihrer Idee Recht gehabt?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Die Schokolade schmilzt **erst** nach 20 Minuten. Die Idee stimmt **nicht**. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schokolade ist nach 20 Minuten geschmolzen. Die Idee stimmt **nicht**. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schokolade schmilzt in der Sonne. Die Idee **stimmt**. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schokolade ist **schon** nach 20 Minuten geschmolzen. Die Idee stimmt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schokolade ist nach weniger als 30 Minuten geschmolzen. Die Idee stimmt **nicht**. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Schokolade ist nach weniger als 30 Minuten geschmolzen. Die Idee **stimmt**. | ☐ | ☐ | ☐ |

EK55

Items zum Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

| **Tim und Anna haben diese Idee: Bestimmt wird Milch mit viel Fett schneller schlecht als Milch mit wenig Fett.**<br><br>**Wie können Tim und Anna ihre Idee prüfen?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Milch mit viel Fett und Milch mit wenig Fett | ☐ | ☐ | ☐ |
| Milch mit viel Fett | ☐ | ☐ | ☐ |
| Milch mit wenig Fett | ☐ | ☐ | ☐ |
| Milch mit viel Fett und Milch mit wenig Fett | ☐ | ☐ | ☐ |
| Milch mit viel Fett und Milch mit wenig Fett | ☐ | ☐ | ☐ |
| Milch mit wenig Fett und Milch mit wenig Fett | ☐ | ☐ | ☐ |

EK71

| **Tim und Anna haben diese Idee: Je dunkler die Schokolade ist, desto schneller schmilzt sie.**<br><br>**Sie legen eine Tafel helle Schokolade und eine Tafel dunkle Schokolade in die Sonne.**<br><br>**Welche Beobachtung bestätigt die Idee von Tim und Anna?** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| schmilzt nach 18 Minuten | schmilzt nach 15 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |
| schmilzt nach 15 Minuten | schmilzt nach 18 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |
| schmilzt nach 18 Minuten | schmilzt nach 18 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |
| schmilzt nach 20 Minuten | schmilzt nach 18 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |
| schmilzt nach 18 Minuten | schmilzt nach 20 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |
| schmilzt nach 15 Minuten | schmilzt nach 20 Minuten | ☐ | ☐ | ☐ |

EK72

**Tim und Anna haben diese Idee: Je salziger das Wasser ist, desto länger schwimmt ein selbstgebautes Schiffchen.**

**Testergebnisse:**

| Schiffchen aus Zeitungspapier | Schiffchen aus Schreibpapier | Schiffchen aus Zeitungspapier | Schiffchen aus Schreibpapier |
|---|---|---|---|
| Geht nach *2 Minuten* unter. | Schwimmt nach *30 Minuten* immer noch. | Geht nach *4 Minuten* unter. | Schwimmt nach *30 Minuten* immer noch. |

**Haben Tim und Anna mit ihrer Idee Recht gehabt?**

| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Die Idee stimmt, weil Schiffe aus Schreibpapier länger schwimmen als Schiffe aus Zeitungspapier. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Idee stimmt, weil Schiffe aus Zeitungspapier auf Salzwasser länger schwimmen als auf Wasser ohne Salz. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Idee stimmt, weil Schiffe aus Zeitungspapier schneller untergehen als Schiffe aus Schreibpapier. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Idee stimmt **nicht**, weil Schiffe aus Schreibpapier gleich lange schwimmen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Idee stimmt **nicht**, weil Schiffe aus Zeitungspapier unterschiedlich lange schwimmen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Die Idee stimmt **nicht**, weil Schiffe aus Schreibpapier nie untergehen. | ☐ | ☐ | ☐ |

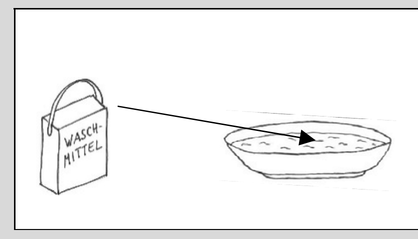
EK73

Items zum Kompetenzbereich *Kommunikation* – Kompetenzen Sachunterricht:

**Tim und Anna möchten in einem Experiment verschiedene Waschmittel vergleichen und herausfinden, welches Waschmittel Flecken am besten entfernt. Sie bekommen von ihrem Lehrer eine Versuchsanleitung:**

**Versuch 1: Fleckentfernung**
Stelle eine Schüssel mit Wasser bereit. Gib etwas Waschmittel in die Schüssel mit dem Wasser. Rühre das Ganze mit einem Stab um. Lege das Kleidungsstück mit dem Fleck in die Schale. Lasse das Kleidungsstück 15 Minuten in der Schale liegen. Hänge das nasse Kleidungsstück zum Trocknen auf.

**Neben dem Text ist die Versuchsanleitung auch durch Bilder dargestellt. Eines der Bilder sieht so aus:**




**Zu welcher Anweisung im Text passt dieses Bild?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Stelle eine Schüssel mit Wasser bereit. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Gib etwas Waschmittel in die Schüssel mit dem Wasser. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Rühre das Ganze mit einem Stab um. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Lege das Kleidungsstück mit dem Fleck in die Schale. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Lasse das Kleidungsstück 15 Minuten in der Schale liegen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Hänge das nasse Kleidungsstück zum Trocknen auf. | ☐ | ☐ | ☐ |

KO51

**Tim und Anna ist beim Grillen im Garten der Grill umgefallen. Ein Holzstuhl in der Nähe des Grills hat angefangen zu brennen. Tim und Anna wollen das Feuer nun wieder löschen.**
**In der Tabelle kannst du ablesen, welche Löschmittel für verschiedene Brände benutzt werden dürfen:**

| Brände / erlaubte Löschmittel | Brände von Feststoffen (z. B. Holz) | Brände von Flüssigkeiten (z. B. Benzin) | Brände von Gasen (z. B. Stadtgas) |
|---|---|---|---|
| ABC-Löschpulver | ✓ | ✓ | ✓ |
| D-Löschpulver | | | |
| Wasser | ✓ | | |
| Schaum | ✓ | ✓ | |
| Kohlenstoffdioxid | | ✓ | |

**Zu welchen Löschmitteln würdest du Tim und Anna zum Löschen des Feuers raten?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| ABC-Löschpulver | ☐ | ☐ | ☐ |
| D-Löschpulver | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser | ☐ | ☐ | ☐ |
| Schaum | ☐ | ☐ | ☐ |
| Kohlenstoffdioxid | ☐ | ☐ | ☐ |
| eine Mischung aus Kohlenstoffdioxid und D-Löschpulver | ☐ | ☐ | ☐ |

KO52

| **Tim und Anna möchten herausfinden, welche Eigenschaften warme Luft hat. Im Klassenraum gibt es viele Bücher und einen Computer.**<br><br>**Worauf sollten Tim und Anna bei ihrer Suche achten?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
| Sie sollten **nur** im Internet suchen, weil Informationen im Internet **immer** richtig sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie sollten **nur** in einem Lexikon suchen, weil Informationen in Lexika **immer** richtig sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie sollten **nur** in einem Schulbuch suchen, weil Informationen in Schulbüchern **immer** richtig sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie sollten Informationen aus Büchern und dem Internet vergleichen, weil **nicht immer alle** Informationen richtig sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie sollten bei jeder Information überlegen, ob sie stimmen kann, weil **nicht immer alle** Informationen richtig sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sie sollten überlegen, welche Bücher und welche Internetseiten für die Suche geeignet sind. | ☐ | ☐ | ☐ |

KO53

**Tim und Anna haben ein Experiment durchgeführt. Sie sollen ihre Ergebnisse in der Klasse präsentieren. Tim und Anna basteln ein Plakat.**

**Worauf sollten Tim und Anna achten, damit die anderen Kinder das Experiment gut verstehen?**

| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Tim und Anna sollten alle Arbeitsblätter zu dem Experiment auf das Plakat kleben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tim und Anna sollten die wichtigsten Informationen zu ihrer Durchführung, ihren Beobachtungen und ihrer Erklärung auf das Plakat schreiben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tim und Anna sollten Fotos oder Zeichnungen zu ihren Beobachtungen auf das Plakat kleben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tim und Anna sollten einen ausführlichen Text zu ihrem Experiment auf das Plakat schreiben. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tim und Anna sollten so groß schreiben, dass man das Plakat überall im Klassenraum lesen kann. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tim und Anna sollten so klein schreiben, dass so viel Text wie möglich auf das Plakat passt. | ☐ | ☐ | ☐ |

KO54

**Tim und Anna bekommen von ihrem Lehrer einen Text zum Thema Feuer:**

**Feuer**
Es gibt verschiedene Orte, an denen ein Feuer zu sehen sein kann. Es gibt zum Beispiel Lagerfeuer, Osterfeuer oder Kerzenflammen. Damit ein Feuer entstehen und weiterbrennen kann, muss immer etwas vorhanden sein, das brennt. Es muss auch heiß genug sein, damit es brennt. Außerdem muss genug Sauerstoff in der Luft sein. Wenn man nicht vorsichtig mit Feuer umgeht, kann es gefährlich werden.

**Tim und Anna sollen ihrem Lehrer erklären, was sie brauchen, damit ein Feuer entstehen und weiterbrennen kann. Welche Sätze aus dem Text sind wichtig, um diese Frage zu beantworten?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Es gibt verschiedene Orte, an denen ein Feuer zu sehen sein kann. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Es gibt zum Beispiel Lagerfeuer, Osterfeuer oder Kerzenflammen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Damit ein Feuer entstehen und weiterbrennen kann, muss immer etwas vorhanden sein, das brennt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Es muss auch heiß genug sein, damit es brennt. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Außerdem muss genug Sauerstoff in der Luft sein. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wenn man nicht vorsichtig mit Feuer umgeht, kann es gefährlich werden. | ☐ | ☐ | ☐ |

KO55

Items zum Kompetenzbereich *Kommunikation* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

**Tim und Anna suchen auf verschiedenen Internetseiten nach Informationen über die Eigenschaften von Wasser. Sie finden insgesamt vier Texte:**

**Text 1** (Internetseite mit Texten zum Lesen Üben für Kinder, jeder kann Texte hochladen)

**Wasser**
Wasser ist eine Flüssigkeit, die wir alle kennen. Wasser ist meistens blau, aber manchmal auch grün. Bei sehr kalten Temperaturen wird Wasser zu Eis.

**Text 2** (Internetseite von Forschern der Naturwissenschaften, zu allen Texten gibt es Quellenangaben)

**Die Eigenschaften von Wasser**
Wasser ist farblos. Bei Raumtemperatur ist es flüssig. Je nachdem, wie warm oder kalt es ist, kann Wasser auch gasförmig oder fest werden. Wasser hat bei Raumtemperatur eine Dichte von 1 g/cm$^3$.

**Text 3** (Internetforum, jeder kann aufschreiben, was er zu dem Thema weiß, es gibt keinen Ansprechpartner)

**Welche Eigenschaften hat Wasser?**
Wasser ist eine Flüssigkeit, die auch zu Eis oder zu Wasserdampf werden kann. Dazu muss es sehr kalt oder sehr warm sein. Flüssiges Wasser ist blau. Eis kann manchmal auch weiß aussehen.

**Text 4** (Infoseite von einem Schulbuchverlag, wird regelmäßig aktualisiert, mehrere Experten beteiligt)

**Das Wasser und seine Eigenschaften**
Wasser hat verschiedene Eigenschaften. Es ist zum Beispiel farblos, flüssig und kann zu Eis oder Wasserdampf werden. Kennst du noch mehr Eigenschaften von Wasser?

**Welche Informationen aus den Texten sind wahrscheinlich richtig?**

| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Eis kann weiß aussehen. Dazu steht etwas in **Text 3**, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser ist normalerweise flüssig. Dazu steht etwas in **allen** Texten, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser hat eine Dichte von 1 g/cm$^3$. Dazu steht etwas in **Text 2**, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser ist farblos. Dazu steht etwas in **den Texten 2 und 4**, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser ist meistens blau. Dazu steht etwas in den **Texten 1 und 3**, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser ist manchmal grün. Dazu steht etwas in **Text 1**, also ist es wahrscheinlich richtig. | ☐ | ☐ | ☐ |

KO71

**Tim und Anna lesen einen Text zum Verdunsten von Wasser:**

**Verdunstung**
Normalerweise kennen wir Wasser als Flüssigkeit, die erst bei einer Temperatur von 100°C zu Wasserdampf wird. Das Wasser kann aber auch schon bei niedrigeren Temperaturen zu Wasserdampf werden. Man spricht dann von Verdunsten. Je trockener und wärmer die Luft ist, desto schneller kann das Wasser verdunsten. Wenn man zum Beispiel eine Schale mit etwas Wasser an einem warmen, trockenen Tag in die Sonne stellt, wird man am nächsten Tag kein Wasser mehr in der Schale sehen.

**Tim und Anna möchten ein Bild zeichnen, das zum Text passt. Welches der Bilder zeigt genau das, was auch im Text beschrieben wird?**

| | | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|---|
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |
| Tag 1 | Tag 2 | ☐ | ☐ | ☐ |

KO72

**Tim und Anna haben Wasser erhitzt und alle 2 Minuten die Temperatur des Wassers gemessen. Sie sollen ein Plakat für den Klassenraum gestalten, auf dem man ihre Messwerte auf einen Blick erkennen kann.**

**Wie könnten Tim und Anna ihre Ergebnisse *<u>übersichtlich</u>* auf das Plakat schreiben oder zeichnen, sodass man sie von überall im Klassenraum gut lesen kann?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| In einem **Text** | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wie auf ihrem **Notizzettel** | ☐ | ☐ | ☐ |
| In einer **Tabelle** | ☐ | ☐ | ☐ |
| In einem **Säulendiagramm** | ☐ | ☐ | ☐ |
| In einem **Punktdiagramm** | ☐ | ☐ | ☐ |
| In einer **Rätselaufgabe** | ☐ | ☐ | ☐ |

In einem **Text**:

Wir haben zuerst eine Temperatur von 5°C gemessen. Zwei Minuten später waren es schon 11°C. Nochmal zwei Minuten später, also nach insgesamt 4 Minuten, war das Wasser 17°C warm. Wieder zwei Minuten später sind es 23°C. Nach insgesamt sechs Minuten messen wir eine Temperatur von 23°C. Ganz am Ende, also nach 8 Minuten, ist das Wasser 29°C warm.

Wie auf ihrem **Notizzettel**:

5°C 11°C ~~18°C~~ 17°C 23°C 29°C

In einer **Tabelle**:

| **Zeit** | 0 min | 2 min | 4 min | 6 min | 8 min |
|---|---|---|---|---|---|
| **Temperatur** | 5°C | 11°C | 17°C | 23°C | 29°C |

In einem **Säulendiagramm**:

Wasser erhitzen

40
30
20
10
0

Temperatur in °C

0 min 2 min 4 min 6 min 8 min

In einem **Punktdiagramm**:

Temperatur in °C

40
30
20
10
0

0 2 4 6 8 10

In einer **Rätselaufgabe:**

Am Anfang hatte das Wasser eine Temperatur von 5°C. Alle zwei Minuten waren es 6°C mehr. Wie hoch ist die Temperatur des Wassers nach acht Minuten?

KO73

Items zum Kompetenzbereich *Bewertung* – Kompetenzen Sachunterricht:

**Der Zahnarzt erklärt Tim und Anna etwas über das Zähneputzen:**

> **„Durch die Zahnpasta bildet sich auf den Zähnen eine Schutzschicht.“**
>
> **„Wenn wir *vor dem Essen und Trinken* die Zähne putzen, kann das Essen unsere Zähne nicht so schnell angreifen.“**
>
> **„Wenn wir in den ersten *30 Minuten nach dem Essen und Trinken* die Zähne putzen, zerstören wir die Schutzschicht.“**

**Tim und Anna gehen vom Zahnarzt aus direkt nach Hause. *Bevor* sie zu Mittag essen, putzen sie sich die Zähne.**

**Haben Tim und Anna alles so gemacht, wie der Zahnarzt es ihnen empfehlen würde?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Nein, weil sich vor dem Essen keine Schutzschicht auf den Zähnen bilden kann. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nein, weil die Schutzschicht auf den Zähnen vor dem Essen zerstört wird. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nein, weil die Schutzschicht auf den Zähnen beim Essen trotzdem schnell angegriffen wird. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ja, weil die Zähne nach dem Zähneputzen vor dem Essen geschützt werden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ja, weil nur vor dem Essen eine Schutzschicht auf den Zähnen gebildet werden kann. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ja, weil die Schutzschicht auf den Zähnen nur 30 Minuten hält. | ☐ | ☐ | ☐ |

BE51

**Tim und Anna möchten Müsli aus verschiedenen Zutaten selbst mischen. Einige Zutaten enthalten viel Zucker, andere nur wenig. Zu viel Zucker ist ungesund.**

**Tim und Anna haben diese Zutaten gekauft:**

| **Zutaten** | **Zucker** |
|---|---|
| Haferflocken | wenig |
| Cornflakes | viel |
| Schokoflocken | viel |
| Nüsse | wenig |
| Weizenflocken | wenig |
| Sonnenblumenkerne | wenig |

**Welche Zutaten könnten Tim und Anna mischen, wenn sie ein Frühstück mit *möglichst wenig* Zucker haben möchten?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Haferflocken<br>Weizenflocken<br>Nüsse | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nüsse<br>Schokoflocken<br>Sonnenblumenkerne | ☐ | ☐ | ☐ |
| Cornflakes<br>Schokoflocken<br>Weizenflocken | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sonnenblumenkerne<br>Nüsse<br>Haferflocken | ☐ | ☐ | ☐ |
| Cornflakes<br>Haferflocken<br>Nüsse | ☐ | ☐ | ☐ |
| Sonnenblumenkerne<br>Haferflocken<br>Weizenflocken | ☐ | ☐ | ☐ |

BE52

**Tim und Anna sollen die Tafel putzen. Es wurde mit weißer und roter Kreide geschrieben. Die rote Schrift geht mit Wasser nicht ab. Deshalb hat Anna ein Putzmittel mitgebracht. Das Putzmittel macht die Tafel glatter, sodass man darauf schlechter schreiben kann. Deshalb sollten Tim und Anna so wenig Putzmittel wie möglich verwenden.**

**Wofür sollten Tim und Anna das Putzmittel und das Wasser verwenden, damit die Tafel sauber wird *und* man hinterher noch *möglichst gut* darauf schreiben kann?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| rote Schrift – weiße Schrift | ☐ | ☐ | ☐ |
| rote Schrift – weiße Schrift (PUTZ-MITTEL) | ☐ | ☐ | ☐ |
| rote Schrift – weiße Schrift (PUTZ-MITTEL) | ☐ | ☐ | ☐ |
| rote Schrift – weiße Schrift (PUTZ-MITTEL) | ☐ | ☐ | ☐ |
| rote Schrift – weiße Schrift (PUTZ-MITTEL) | ☐ | ☐ | ☐ |
| rote Schrift – weiße Schrift (PUTZ-MITTEL) | ☐ | ☐ | ☐ |

BE53

**Tim und Anna möchten ein Spielzeugauto kaufen. Es gibt Holzautos und Plastikautos in Verpackungen aus Pappe oder aus Plastik.**

**Tim und Anna haben gelesen, dass bei der Herstellung von Plastik manchmal giftige Gase in die Umwelt gelangen können. Man sieht den Spielzeugautos und den Verpackungen nicht an, ob bei ihrer Herstellung die Umwelt gefährdet wurde oder nicht.**

**Um sicherzugehen, kaufen Tim und Anna lieber ein Holzauto in einer Verpackung aus Pappe.**

**Warum entscheiden sich Tim und Anna für das Holzauto in der Verpackung aus Pappe?**

| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Weil bei der Herstellung von Verpackungen aus Plastik **immer** giftige Gase in die Umwelt gelangen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil Holzautos **immer** umweltfreundlicher hergestellt werden als Plastikautos. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil bei der Herstellung von Plastikautos **möglicherweise** giftige Gase in die Umwelt gelangen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil Verpackungen aus Pappe **immer** umweltfreundlicher hergestellt werden als Verpackungen aus Plastik. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil Verpackungen aus Pappe **immer** umweltfreundlicher entsorgt werden als Verpackungen aus Plastik. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil bei der Herstellung von Holzautos **wahrscheinlich keine** giftigen Gase in die Umwelt gelangen. | ☐ | ☐ | ☐ |

BE54

**Tim und Anna möchten Tomaten pflanzen. Es gibt unterschiedliche Sorten. Manche Tomaten brauchen einen speziellen Tomatendünger, damit sie gut wachsen. Der Tomatendünger sorgt aber dafür, dass andere Pflanzen im Garten schlechter wachsen. Das wollen Tim und Anna verhindern.**

**Sie haben diese Tomatensorten zur Auswahl:**

| | **mit Tomatendünger** | **ohne Tomatendünger** |
|---|---|---|
| **Rispentomaten** | wachsen gut | wachsen schlecht |
| **Kirschtomaten** | wachsen gut | wachsen gut |
| **Fleischtomaten** | wachsen gut | wachsen schlecht |
| **Gelbe Tomaten** | wachsen schlecht | wachsen gut |
| **Datteltomaten** | wachsen gut | wachsen gut |
| **Roma-Tomaten** | wachsen schlecht | wachsen schlecht |

**Tim und Anna entscheiden sich für Datteltomaten.**

**Warum entscheiden sich Tim und Anna für Datteltomaten?**

| | ✓ richtig | × falsch | **?** weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Weil sie für Datteltomaten **keinen** Dünger brauchen und so den anderen Pflanzen **nicht** schaden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil sie für Datteltomaten den Dünger brauchen und so den anderen Pflanzen **nicht** schaden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil sie für Datteltomaten **keinen** Dünger brauchen und so den anderen Pflanzen schaden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil sie für Datteltomaten den Dünger brauchen und so den anderen Pflanzen schaden. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil die Datteltomaten **mit und ohne** Dünger schädlich für die anderen Pflanzen sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil die Datteltomaten **mit und ohne** Dünger **nicht** schädlich für die anderen Pflanzen sind. | ☐ | ☐ | ☐ |

BE55

Items zum Kompetenzbereich *Bewertung* – Kompetenzen erstes Lernjahr Chemie:

**Tim und Anna möchten Kartoffeln kaufen.**

- **Manche Kartoffeln wurden in der Nähe angebaut. Andere wurden mit einem Lastwagen weit transportiert. Die Abgase aus dem Lastwagen schaden der Luft.**
- **Alle Kartoffeln wurden gedüngt. Der Dünger sorgt dafür, dass die Kartoffeln schneller wachsen und besser schmecken. Zu viel Dünger kann gefährlich für Tiere und Menschen sein, wenn er ins Grundwasser gelangt.**
- **Manche Kartoffeln sind günstig. Andere sind teuer.**

**Diese Kartoffelsorten finden Tim und Anna:**

| | Anbau | Dünger | Preis |
|---|---|---|---|
| **Sorte 1** | in der Nähe | wenig | teuer |
| **Sorte 2** | weit weg | wenig | teuer |
| **Sorte 3** | weit weg | viel | teuer |
| **Sorte 4** | in der Nähe | wenig | günstig |
| **Sorte 5** | weit weg | viel | günstig |
| **Sorte 6** | in der Nähe | viel | günstig |

**Tim und Anna möchten die Umwelt so wenig wie möglich belasten. Sie entscheiden sich für die Sorte 4.**

**Warum entscheiden sich Tim und Anna für die Sorte 4?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Weil beim kurzen Transport der Kartoffeln **sehr viele** Abgase in die Luft gelangen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil beim kurzen Transport der Kartoffeln **wenig** Abgase in die Luft gelangen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil die Kartoffeln durch die kleine Menge Dünger **viel besser** schmecken als stärker gedüngte Sorten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil durch die kleine Menge Dünger das Grundwasser **nicht oder kaum** belastet wird. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil die Kartoffeln durch die kleine Menge Dünger **viel besser** gewachsen sind als stärker gedüngte Sorten. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Weil durch die kleine Menge Dünger das Grundwasser **stark** belastet wird. | ☐ | ☐ | ☐ |

BE71

**Nach dem Experimentieren sehen Tim und Anna einen roten Fleck auf ihrem Tisch. Sie finden verschiedene Hilfsmittel, um den Fleck zu entfernen:**

| Hilfsmittel | | Wirkung |
|---|---|---|
| Wasser | | keine Fleckentfernung |
| Haushaltsreiniger | | gute Fleckentfernung, schädlich für die Haut |
| Badreiniger | | gute Fleckentfernung, schädlich für den Tisch |
| Lappen | | zusammen mit einem Reiniger und mit viel Reiben gute Fleckentfernung |
| Scheuerschwamm | | zusammen mit einem Reiniger gute Fleckentfernung, zerkratzt den Tisch |
| Gummihandschuhe | | Schutz der Hände |

**Welche der Hilfsmittel sollten Tim und Anna benutzen, um den Fleck zu entfernen *und* dabei ihrer Haut und dem Tisch *nicht* zu schaden?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Haushalts- + Scheuer-<br>reiniger schwamm | ☐ | ☐ | ☐ |
| Wasser + Scheuerschwamm | ☐ | ☐ | ☐ |
| Badreiniger + Lappen | ☐ | ☐ | ☐ |
| Gummi- + Haushalts- + Lappen<br>handschuhe reiniger | ☐ | ☐ | ☐ |
| Gummi- + Wasser + Lappen<br>handschuhe | ☐ | ☐ | ☐ |
| Badreiniger + Scheuerschwamm | ☐ | ☐ | ☐ |

BE72

**In vielen Getränken sind Salze, Zucker und Aroma enthalten.**

- **Das *Aroma* bestimmt nur, wonach das Getränk schmeckt.**
- **Der *Zucker* sorgt für den süßen Geschmack. Viel Zucker ist ungesund.**
- **Die *Salze* sind gesund, wenn wir viel geschwitzt haben.**

**Tim und Anna sind beim Sportfest und haben geschwitzt. Sie sind durstig. Es gibt sechs Getränke zur Auswahl:**

| | enthält Salze | enthält Zucker | enthält Aroma |
|---|---|---|---|
| **Getränk 1** | 6 g/l | 180 g/l | 8 g/l |
| **Getränk 2** | 6 g/l | 1,8 g/l | 80 g/l |
| **Getränk 3** | 6 g/l | 1,8 g/l | 8 g/l |
| **Getränk 4** | 0,06 g/l | 180 g/l | 80 g/l |
| **Getränk 5** | 0,06 g/l | 1,8 g/l | 80 g/l |
| **Getränk 6** | 0,06 g/l | 1,8 g/l | 8 g/l |

**Tim und Anna entscheiden sich für das Getränk 2.**

**Haben Tim und Anna ein Getränk ausgewählt, das nach dem Sportfest gesund für sie ist?**

| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
|---|---|---|---|
| Ja, weil viele Salze nach dem Schwitzen gesund für sie sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nein, weil zu viele Salze ungesund für sie sind. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ja, weil die kleine Menge Zucker nicht schadet. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nein, weil sie nach dem Schwitzen mehr Zucker benötigen. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Ja, weil viel Aroma nach dem Schwitzen wichtig ist. | ☐ | ☐ | ☐ |
| Nein, weil viel Aroma nach dem Schwitzen ungesund ist. | ☐ | ☐ | ☐ |

BE73

## V Kodiermanual

**Allgemeine Daten:**

- Testheft — A1, A2, B1, B2, C1, C2

**Daten vom Deckblatt der Fragebögen/Testhefte:** **wenn Angaben fehlen, Felder frei lassen**

- Schule (nur Fragebogen) — Schule 1 = [Name der Schule], Schule 2 = [Name der Schule], Schule 3 = [Name der Schule], Schule 4 = [Name der Schule]
- Schülercode — vollständig eingeben (Großbuchstaben und Zahlen)

**Allgemeine Angaben im Fragebogen:** **wenn Angaben fehlen, Felder frei lassen**

- Geschlecht — Mädchen = 0; Junge = 1
- Alter — als Zahl eingeben
- Jahrgangsstufe — als Zahl eingeben
- Klasse — vollständig eingeben

**Tabellen zum Fachinteresse im Fragebogen:** **wenn komplette Tabelle nicht ausgefüllt wurde, Felder frei lassen, ansonsten nach folgendem Beispiel eingeben:**

Stimmt gar nicht = 1
Stimmt wenig = 2
Stimmt eher = 3
Stimmt = 4
Ungültig (nichts angekreuzt, mehrere Kästchen angekreuzt, zwischen zwei Kästchen angekreuzt,…) = 99

*Beispiel 1: Fachinteresse*

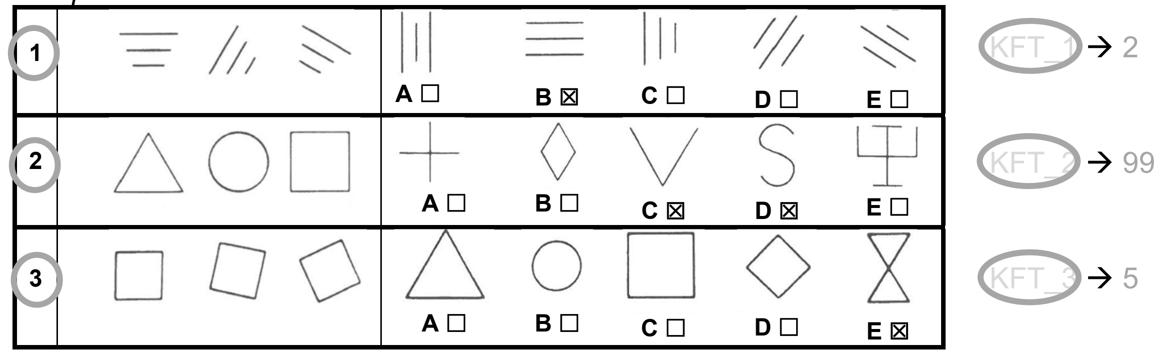
| **Welchen der folgenden Aussagen kannst du zustimmen?** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Stimmt gar nicht | Stimmt wenig | Stimmt eher | Stimmt | |
| Was wir im **Sachunterricht** gemacht haben, hat mir Spaß gemacht. | ☒ | ☐ | ☐ | ☐ | I_SU_1 → 1 |
| Ich habe im **Sachunterricht** viel gelernt. | ☐ | ☐ | ☒ | ☐ | I_SU_2 → 3 |
| Was wir im **Sachunterricht** gemacht haben, halte ich für interessant. | ☐ | ☒ | ☐ | ☐ | I_SU_3 → 2 |
| Was wir im **Sachunterricht** gemacht haben, halte ich für wichtig. | ☐ | ☐ | ☐ | ☐ | I_SU_4 → 99 |
| Im **Sachunterricht** fühle ich mich wohl. | ☐ | ☐ | ☐ | ☒ | I_SU_5 → 4 |

I_SU

**KFT im Fragebogen:**

**wenn kompletter KFT nicht ausgefüllt, Felder frei lassen, ansonsten <u>alle im Testheft vorkommenden Zeilen</u> nach folgendem Beispiel eingeben:**
A = 1
B = 2
C = 3
D = 4
E = 5
Ungültig (nichts angekreuzt, mehrere Kästchen angekreuzt, zwischen zwei Kästchen angekreuzt,…) = 99

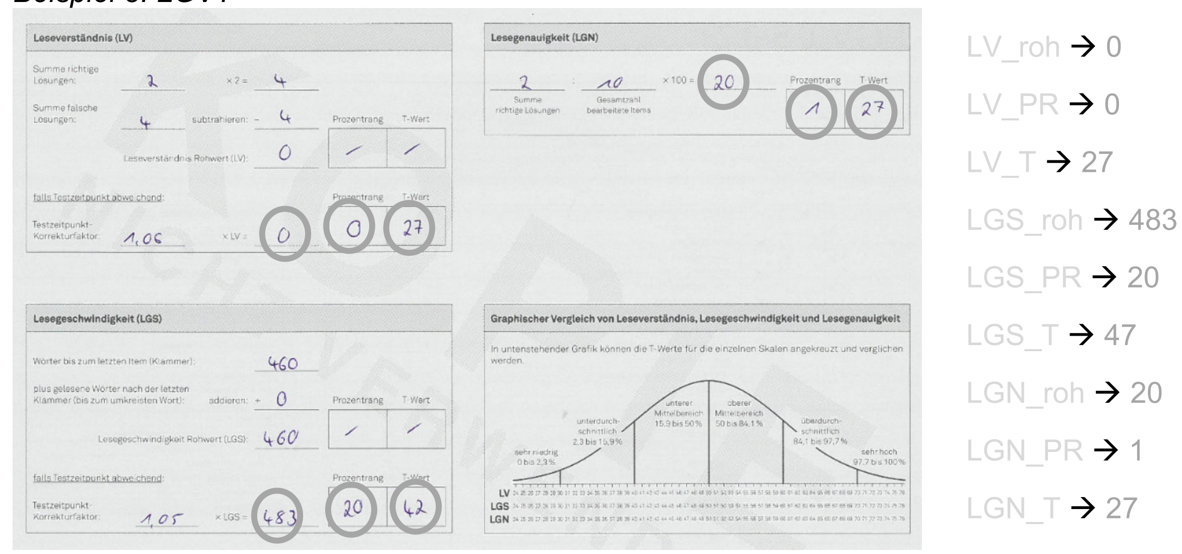
*Beispiel 2: KFT*




**LGVT-Auswertungsbogen:**

**wenn nicht bearbeitet, Felder frei lassen, ansonsten Ergebnisse des Auswertungsbogens eingeben:**
Zu jedem Bereich Rohwert, Prozentrang und T-Wert eintragen (ggf. die mit dem Korrekturfaktor ermittelten Werte!)

*Beispiel 3: LGVT*



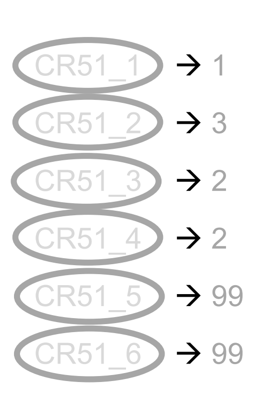
**Aufgaben im Testheft:**

**wenn komplette Aufgabe nicht bearbeitet wurde, Felder frei lassen, ansonsten <u>jede Antwortmöglichkeit</u> nach folgendem Beispiel eingeben:**
„richtig“ = 1
„falsch“ = 2
„weiß nicht“ = 3
Ungültig (nichts angekreuzt, mehrere Kästchen angekreuzt, zwischen zwei Kästchen angekreuzt,…) = 99

*Beispiel 4: Testaufgaben*

| **Was muss alles vorhanden sein, damit du eine Kerze anzünden kannst und damit diese danach weiterbrennt?** | | | |
|---|---|---|---|
| | ✓ richtig | × falsch | ? weiß nicht |
| dunkler Rauch | ☒ | ☐ | ☐ |
| viel Licht | ☐ | ☐ | ☒ |
| kochendes Wasser | ☐ | ☒ | ☐ |
| Kerzenwachs | ☐ | ☒ | ☐ |
| Sauerstoff in der Luft | ☒ | ☒ | ☐ |
| Zündquelle (z. B. Streichholz) | ☐ | ☐ | ☐ |

CR51



## VI Ergänzende Tabellen und Diagramme

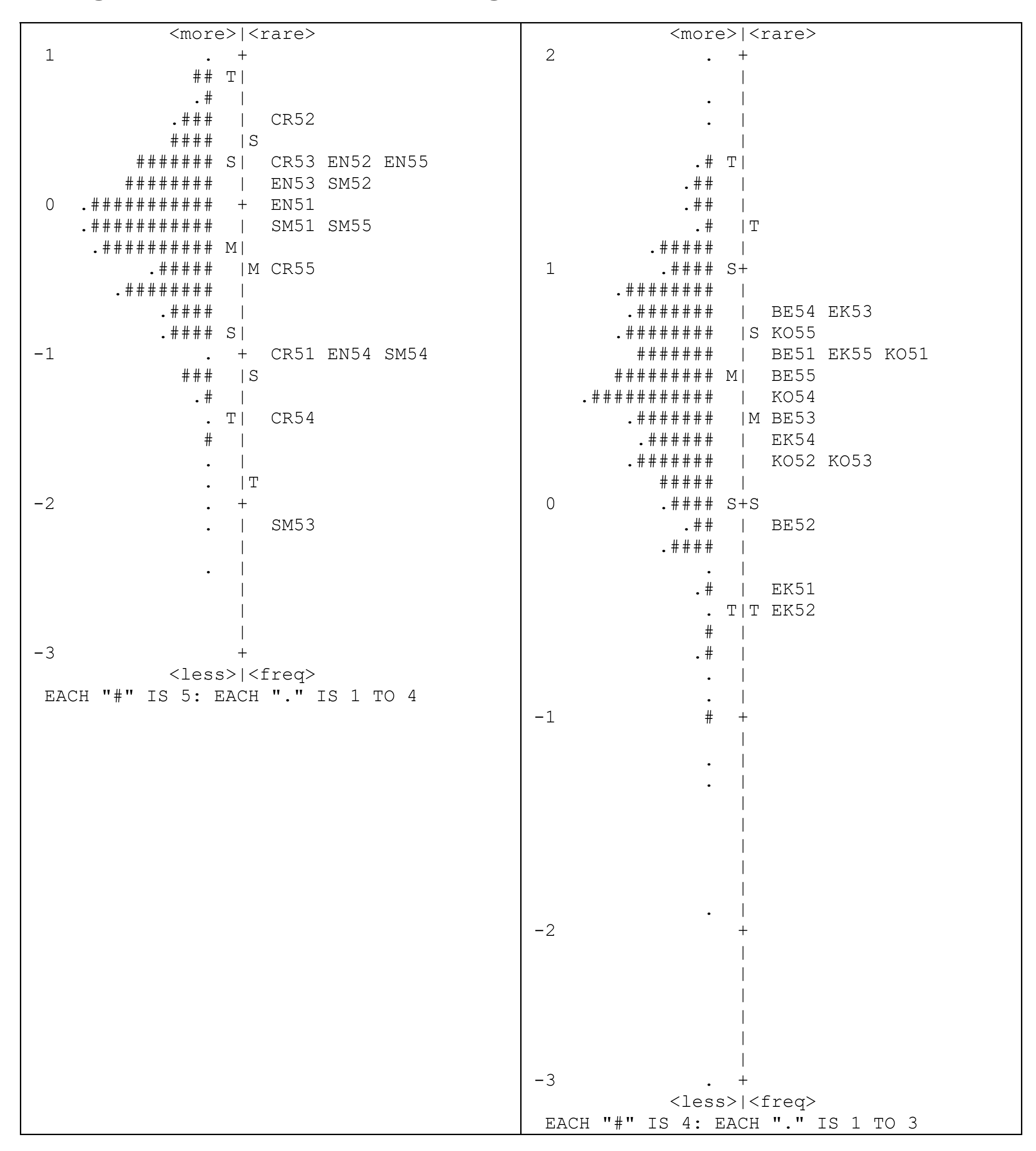



*Abbildung 43: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) Jahrgangsstufe 5 – Hauptstudie*

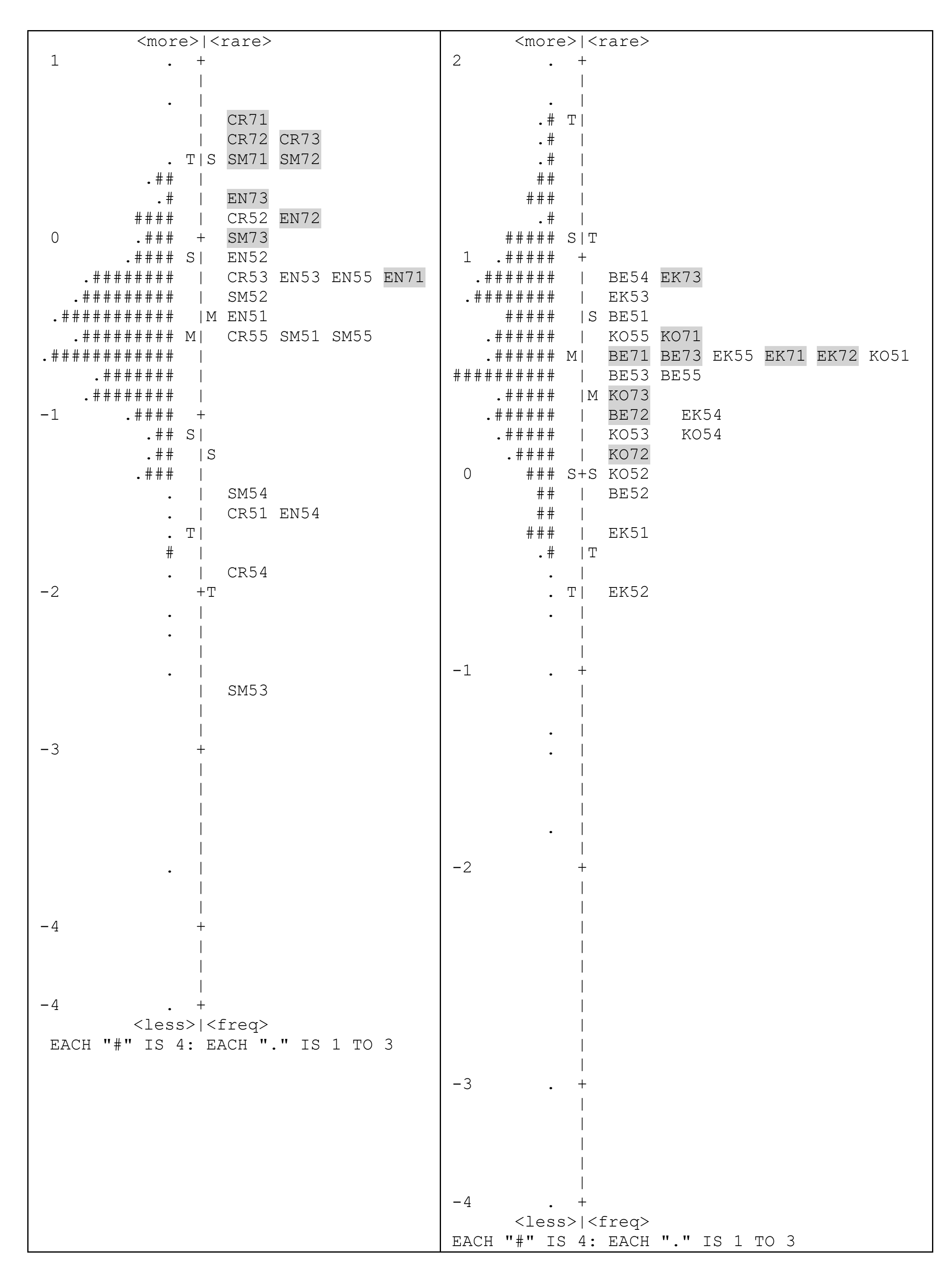



*Abbildung 44: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) Jahrgangsstufe 7/8 – Hauptstudie*

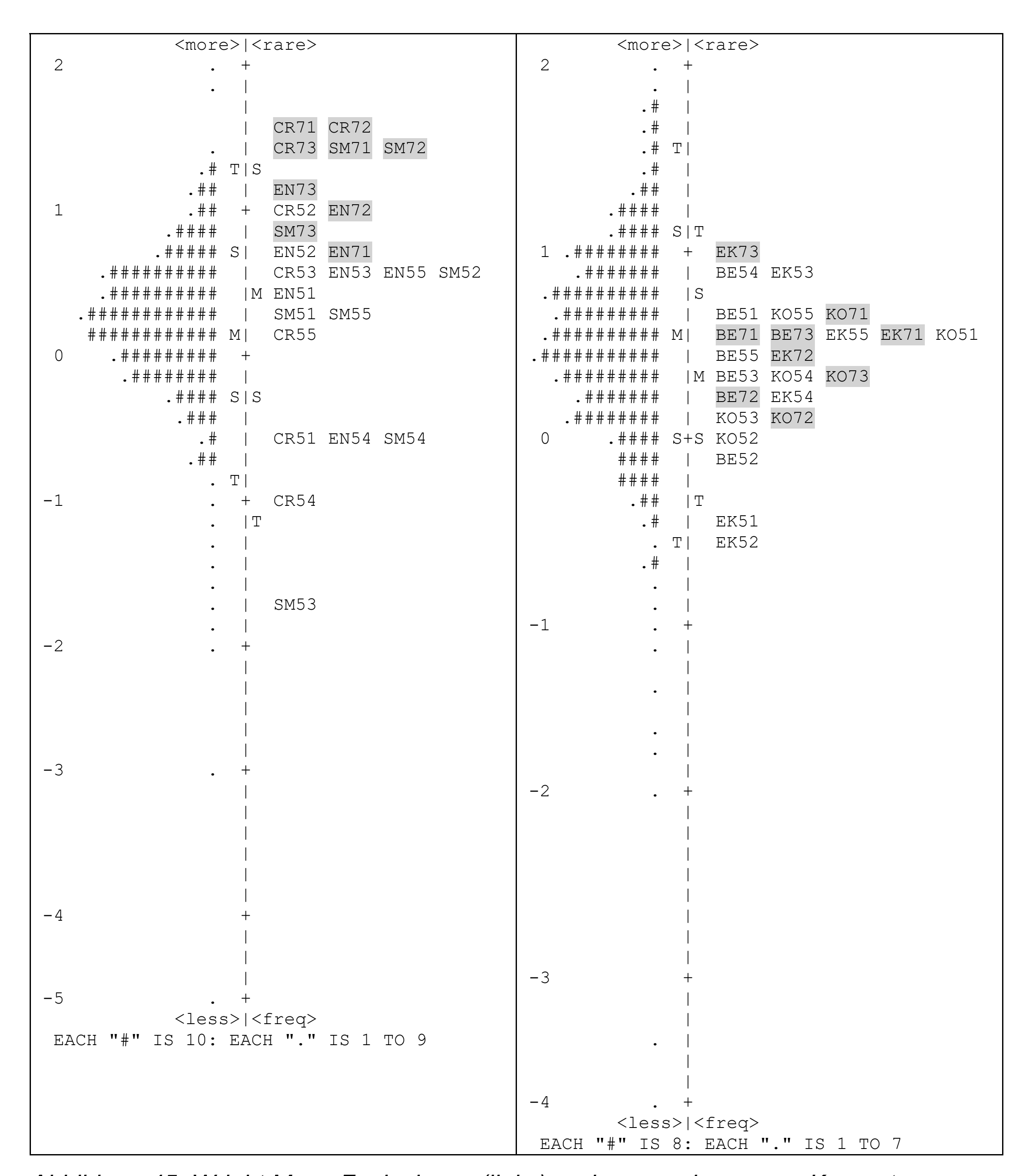



*Abbildung 45: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) Messzeitpunkt 1 – Ergänzungsstudie*

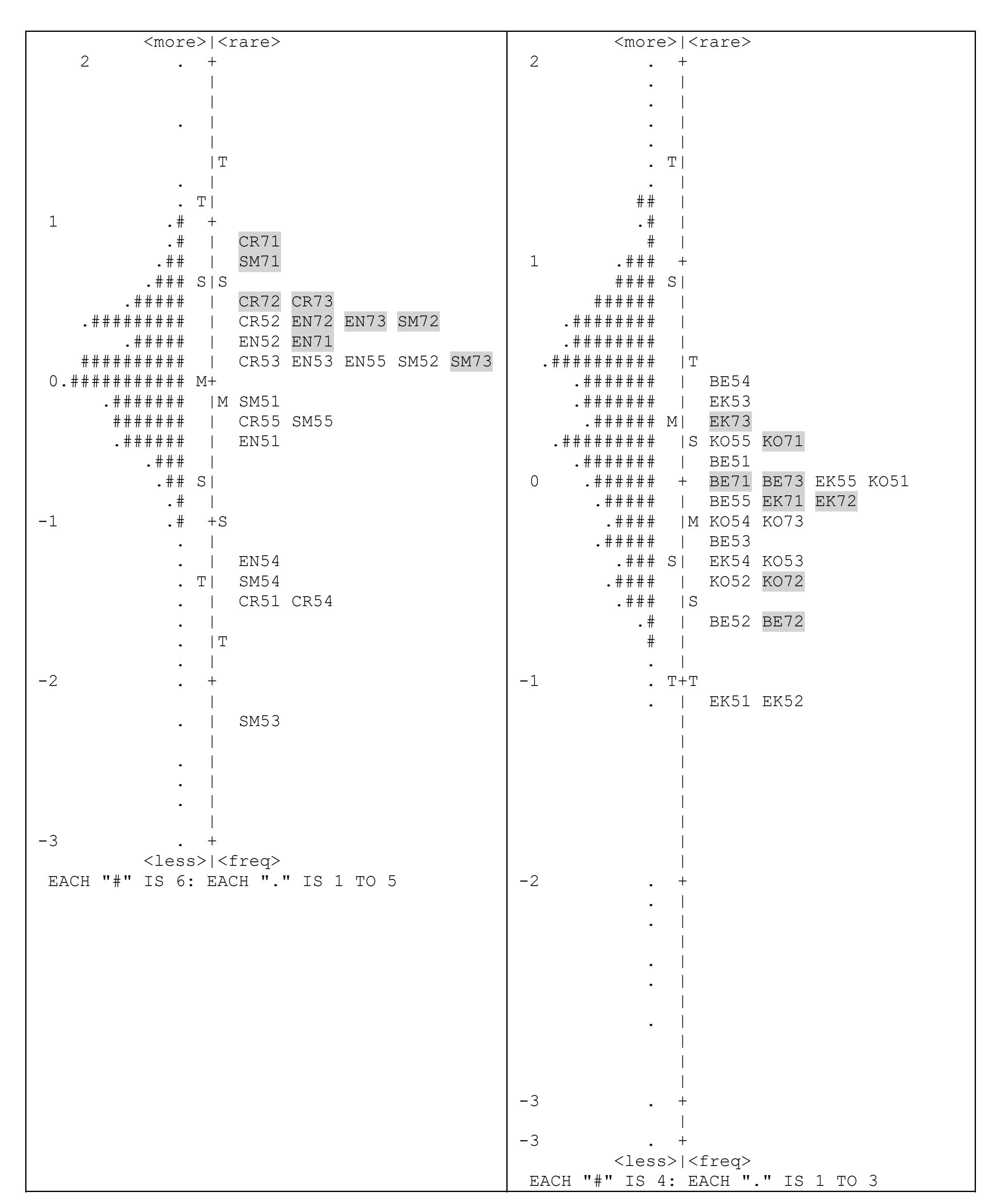



*Abbildung 46: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) Messzeitpunkt 2 – Ergänzungsstudie*

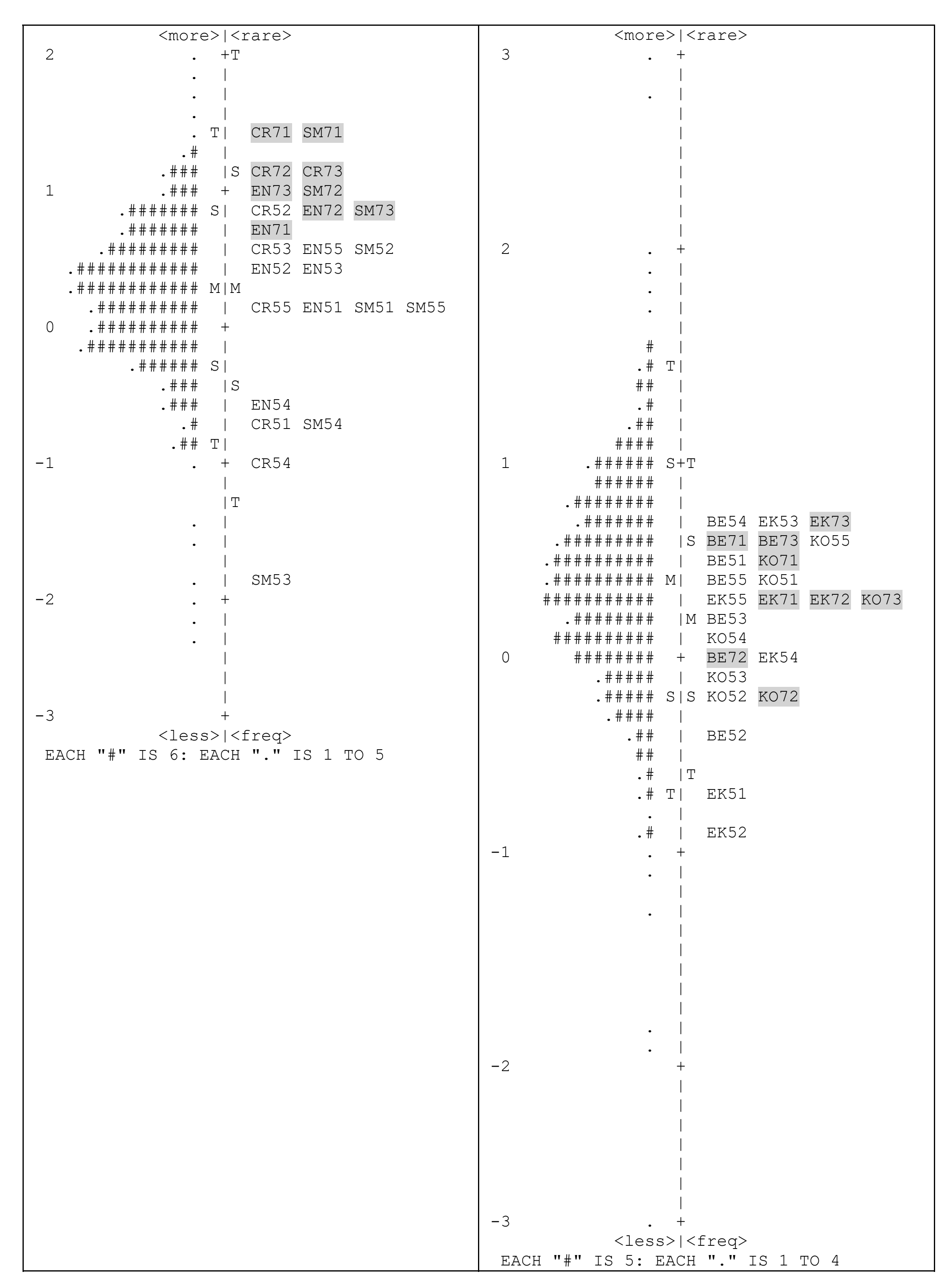



*Abbildung 47: Wright Maps Fachwissen (links) und prozessbezogene Kompetenzen (rechts) Messzeitpunkt 3 – Ergänzungsstudie*

*Tabelle 37: Reliabilitäten, Infit und Trennschärfen KFT – Hauptstudie*

| | | |
|---|---|---|
| **KFT** | Personenreliabilität | .79 |
| | Itemreliabilität | .98 |
| | Infit | *M* = 1.01<br>*SD* = 0.17<br>*Min*: 0.74<br>*Max*: 1.47 |
| | Trennschärfe | *Min*: .00<br>*Max*: 1.53 |

*Tabelle 38: Reliabilitäten, Infit und Trennschärfen Kompetenztest dreidimensional – Hauptstudie*

| | | **Chemische Reaktion** | **Struktur der Materie** | **Energie** |
|---|---|---|---|---|
| **Fachwissen** | Personenreliabilität (Gesamtmodell) | | .74 | |
| | Itemreliabilität (Gesamtmodell) | | 1.00 | |
| | Infit (*M* und *SD* für Gesamtmodell, Min. und Max. getrennt nach Dimensionen) | *Min*: 0.71<br>*Max*: 1.40 | *M* = 1.06<br>*SD* = .24<br>*Min*: 0.88<br>*Max*: 1.50 | *Min*: 0.69<br>*Max*: 1.36 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.86<br>*Max*: 1.27 | *Min*: 0.69<br>*Max*: 1.15 | *Min*: 0.67<br>*Max*: 1.41 |
| | | **Erkenntnisgewinnung** | **Kommunikation** | **Bewertung** |
| **Prozessbezogene Kompetenzen** | Personenreliabilität | | .81 | |
| | Itemreliabilität | | .99 | |
| | Infit (*M* und *SD* für Gesamtmodell, Min. und Max. getrennt nach Dimensionen) | *Min*: 0.92<br>*Max*: 1.60 | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.23<br>*Min*: 0.67<br>*Max*: 1.28 | *Min*: 0.82<br>*Max*: 1.20 |
| | Trennschärfe | *Min*: 0.30<br>*Max*: 1.25 | *Min*: 0.87<br>*Max*: 1.31 | *Min*: 0.99<br>*Max*: 1.24 |

*Tabelle 39: Reliabilitäten, Infit und Trennschärfen KFT – Ergänzungsstudie*

| | | **Gesamtstichprobe MZP1, MZP2 und MZP 3** |
|---|---|---|
| **KFT** | Personenreliabilität | .79 |
| | Itemreliabilität | .99 |
| | Infit | *M* = 1.02<br>*SD* = 0.16<br>*Min*: 0.73<br>*Max*: 1.47 |
| | Trennschärfe | *Min*: -0.01<br>*Max*: 1.57 |

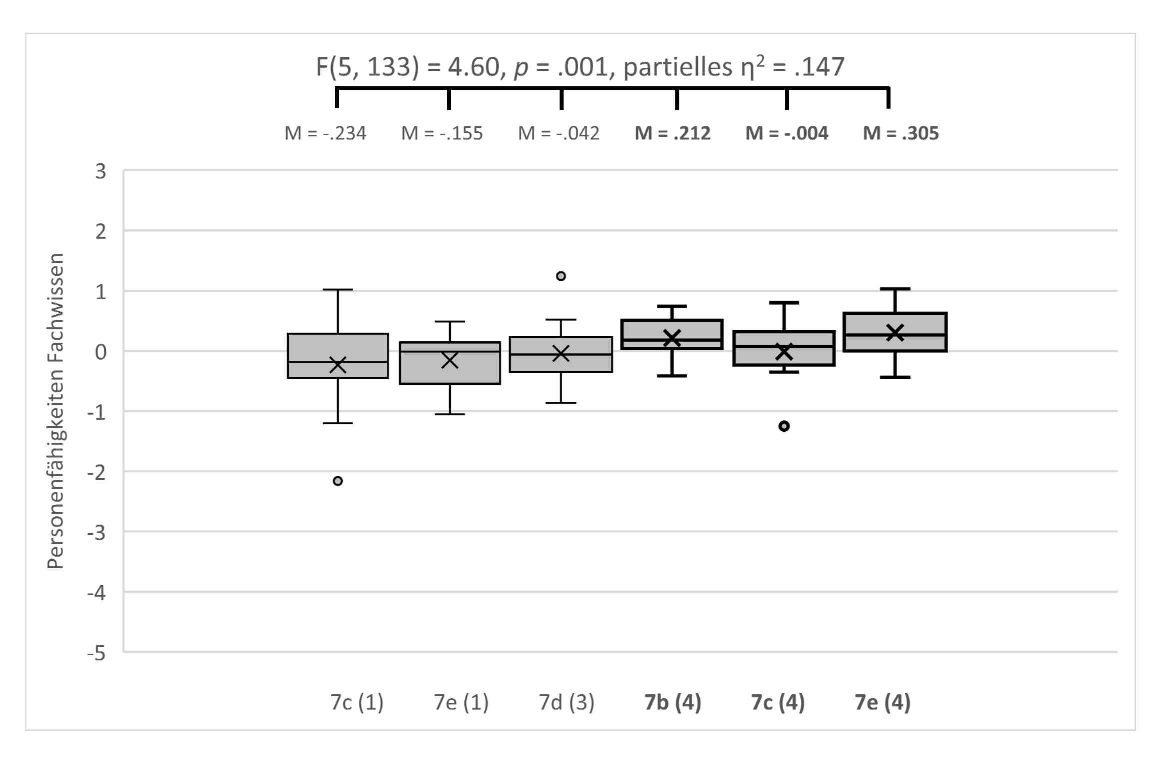



*Abbildung 48: Klassenvergleich der Personenfähigkeiten Fachwissen Jgst. 7 MZP 3 – ANOVA – Ergänzungsstudie*

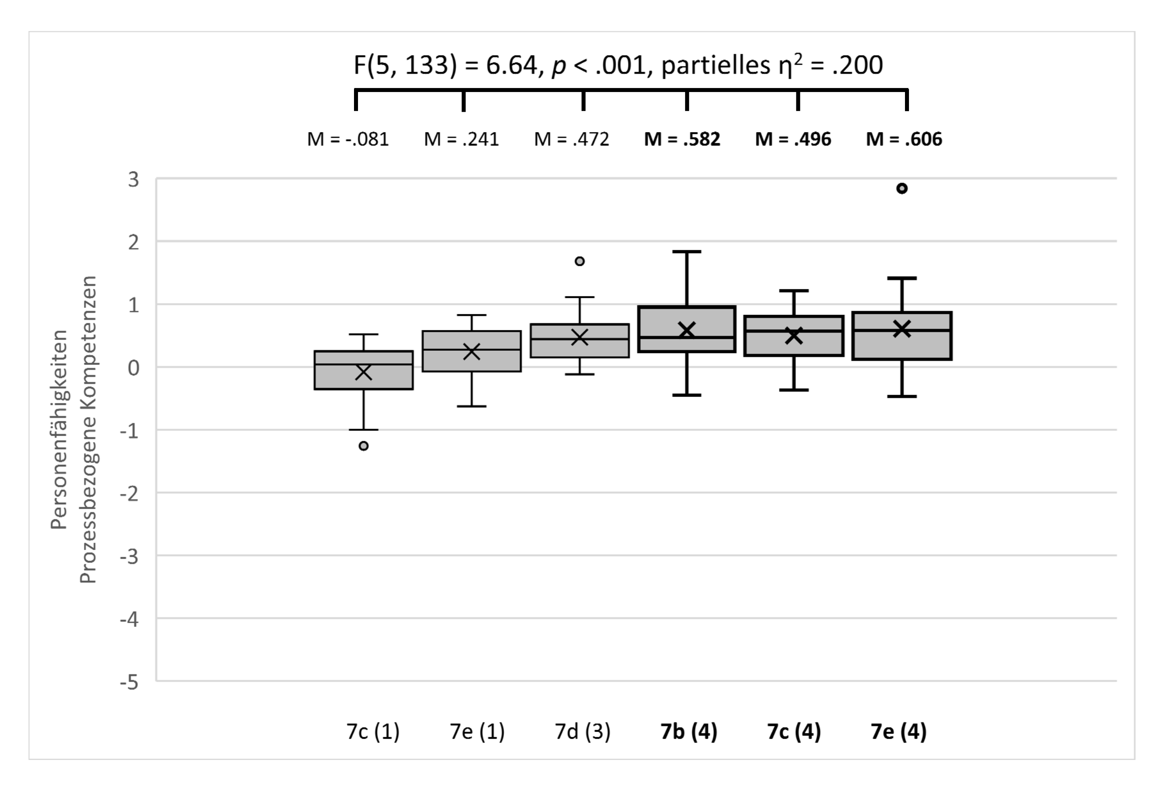



*Abbildung 49: Klassenvergleich der Personenfähigkeiten prozessbezogene Kompetenzen Jgst. 7 MZP 3 – ANOVA – Ergänzungsstudie*

*Tabelle 40: Reliabilitäten, Infit und Trennschärfen Fachinteresse – Ergänzungsstudie*

<table>
<tr><td rowspan="5">Fachinteresse Sachunterricht</td><td>Stichprobe</td><td>n = 1648</td></tr>
<tr><td>Personenreliabilität</td><td>.72</td></tr>
<tr><td>Itemreliabilität</td><td>.98</td></tr>
<tr><td>Infit</td><td>M = 1.00<br>SD = 0.11<br>Min: 0.87<br>Max: 1.15</td></tr>
<tr><td>Trennschärfe</td><td>Min: 0.82<br>Max: 1.19</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fachinteresse Naturwissenschaften</td><td>Stichprobe</td><td>n = 848</td></tr>
<tr><td>Personenreliabilität</td><td>.77</td></tr>
<tr><td>Itemreliabilität</td><td>.96</td></tr>
<tr><td>Infit</td><td>M = 0.99<br>SD = 0.14<br>Min: 0.84<br>Max: 1.20</td></tr>
<tr><td>Trennschärfe</td><td>Min: 0.75<br>Max: 1.20</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fachinteresse Biologie</td><td>Stichprobe</td><td>n = 992</td></tr>
<tr><td>Personenreliabilität</td><td>.78</td></tr>
<tr><td>Itemreliabilität</td><td>.98</td></tr>
<tr><td>Infit</td><td>M = 0.99<br>SD = 0.14<br>Min: 0.77<br>Max: 1.15</td></tr>
<tr><td>Trennschärfe</td><td>Min: 0.81<br>Max: 1.30</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fachinteresse Physik</td><td>Stichprobe</td><td>n = 819</td></tr>
<tr><td>Personenreliabilität</td><td>.81</td></tr>
<tr><td>Itemreliabilität</td><td>.83</td></tr>
<tr><td>Infit</td><td>M = 0.99<br>SD = 0.17<br>Min: 0.17<br>Max: 1.18</td></tr>
<tr><td>Trennschärfe</td><td>Min: 0.79<br>Max: 1.34</td></tr>
<tr><td rowspan="5">Fachinteresse Chemie</td><td>Stichprobe</td><td>n = 410</td></tr>
<tr><td>Personenreliabilität</td><td>.78</td></tr>
<tr><td>Itemreliabilität</td><td>.22</td></tr>
<tr><td>Infit</td><td>M = 0.99<br>SD = 0.18<br>Min: 0.82<br>Max: 1.34</td></tr>
<tr><td>Trennschärfe</td><td>Min: 0.58<br>Max: 1.22</td></tr>
</table>

## VII Publikationen und Vorträge

### Tagungsbandbeiträge

Behrendt, A., Güth, F., Kaulhausen, S., Steinbach, M., Sterzing, F., Vogelsang, C. & Weiler, D. C. (2021). Flexible Gestaltung von Datenerhebungen in Schulen und Universitäten. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch?*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Virtuelle Jahrestagung 2020 (S. 48-50). Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter https://gdcp-ev.de/?page_id=4959

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2020). Kompetenzmessung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*. Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Wien 2019 (S. 633-636). Universität Duisburg-Essen. Verfügbar unter https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tagungsbaende/GDCP_Band40.pdf

Behrendt, A., Fischer, V., Rau-Patschke, S. & Walpuski, M. (2020). Entwicklung und Erprobung eines Testinstruments zur Messung der chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I. In S. Offen, M. Barth, U. Franz & K. Michalik (Hrsg.), *"Brüche und Brücken" - Übergänge im Kontext des Sachunterrichts*. Probleme und Perspektiven des Sachunterrichts (Band 30) (S. 105-112). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2019). Measuring Students' Chemistry Competences at the Transition Between Primary and Secondary School. In Lavrini, O. & Tasquier, G. (Hrsg.), Electronic Proceedings of the ESERA 2019 Conference. The beauty and pleasure of understanding: engaging with contemporary challenges through science education, Part 11 (Hrsg.: Rokos, L. & Ropohl, M.) (S. 1166-1172). Bologna: ALMA MATER STUDIORUM - University of Bologna. Verfügbar unter https://www.esera.org/publications/esera-conference-proceedings/esera-2019

Behrendt, A., Walpuski, M. & Rau-Patschke, S. (2019). Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I. In C. Maurer (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Bildung als Grundlage für berufliche und gesellschaftliche Teilhabe.* Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik. Jahrestagung in Kiel 2018 (S. 735-738). Universität Regensburg. Verfügbar unter http://www.gdcp.de/images/tagungsbaende/GDCP_Band39.pdf

## Vorträge

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2022). Chemiebezogene Kompetenzen zum Ende der Grundschulzeit vor und nach den Schulschließungen im Rahmen der Corona-Pandemie. Vortrag zur Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). Online.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2022). Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht. Vortrag zur Jahrestagung der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF). Online.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2021). Chemiebezogene Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Online.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2020). Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). Augsburg.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2019). Kompetenzentwicklung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht. Doktorierendenkolloquium der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Würzburg.

Behrendt, A., Rau-Patschke, S., Fischer, V. & Walpuski, M. (2019). Entwicklung und Erprobung eines Testinstruments zur Messung der chemiebezogenen Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern am Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). Lüneburg.

## Wissenschaftliche Poster

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2022). Chemiebezogene Kompetenzen am Übergang zwischen Primarstufe und Sekundarstufe I. Poster zum Tag der Bildungsforschung des Interdisziplinären Zentrums für Bildungsforschung (IZfB) der Universität Duisburg-Essen. Online.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2021). Chemiebezogene Kompetenzen am Übergang vom Sachunterricht zum Chemieunterricht. digiGEBF21 der Gesellschaft für Empirische Bildungsforschung (GEBF). Online.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2019). Kompetenzmessung am Übergang zwischen Sach- und Chemieunterricht. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Wien.

Behrendt, A., Fischer, V. & Walpuski, M. (2019). Measuring students' chemical competences at the transition between primary and secondary school. Jahrestagung der European Science Education Research Association (ESERA). Bologna.

Behrendt, A., Walpuski, M. & Rau-Patschke, S. (2018). Messung chemiebezogener Kompetenzen am Übergang zur Sekundarstufe I. Jahrestagung der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik (GDCP). Kiel.

## VIII Lebenslauf

### Persönliche Daten

| | |
|---|---|
| Name: | Alina Behrendt |
| Geburtsdatum: | 31. August 1993 |
| Geburtsort: | Moers |
| Staatsangehörigkeit: | deutsch |
| Familienstand: | ledig |

### Schulischer und beruflicher Werdegang

| | |
|---|---|
| 10/2018 – 04/2022 | Wissenschaftliche Mitarbeiterin<br>Arbeitskreis Prof. Dr. Maik Walpuski<br>Didaktik der Chemie<br>Universität Duisburg-Essen |
| 03/2018 - 09/2018 | Wissenschaftliche Hilfskraft<br>Didaktik der Chemie<br>Universität Duisburg-Essen |
| 10/2016 - 09/2018 | Masterstudium der Fächer Sachunterricht, Mathematische Grundbildung und Sprachliche Grundbildung für das Lehramt an Grundschulen<br>Universität Duisburg-Essen |
| 02/2015 - 03/2018 | Studentische Hilfskraft<br>IZfB/Didaktik der Chemie<br>Universität Duisburg-Essen |
| 10/2013 - 09/2016 | Bachelorstudium der Fächer Sachunterricht, Mathematische Grundbildung und Sprachliche Grundbildung für das Lehramt an Grundschulen<br>Universität Duisburg-Essen |
| 06/2013 | Allgemeine Hochschulreife<br>Max-Planck-Gymnasium Duisburg |

## IX Danksagung

Ich möchte mich herzlich bei allen Menschen bedanken, die mich während meiner Promotionszeit auf den verschiedensten Wegen unterstützt haben.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. Maik Walpuski: Lieber Maik, vielen Dank, dass du mir die Vorzüge einer Promotion erklärt hast und mir gleichzeitig die Möglichkeit gegeben hast, mich auch selbst davon zu überzeugen. Ich war sehr gerne Teil deiner Arbeitsgruppe und freue mich, dass ich dort die letzten Jahre in netter Gesellschaft arbeiten durfte. Danke für dein Vertrauen, dein jederzeit offenes Ohr und die vielen konstruktiven Gespräche sowie natürlich auch die inspirierenden Wort(witz)e in den Mittagspausen.

Außerdem möchte ich Frau Prof. Dr. Elke Sumfleth für die Übernahme des Zweitgutachtens und die vielen netten Gespräche danken, die ebenfalls dazu beigetragen haben, dass ich mich in der Chemiedidaktik sehr gut aufgehoben gefühlt habe.

Herrn Prof. Dr. Sebastian Schlücker danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Zudem möchte ich mich bei Vanessa Fischer für die Unterstützung während meiner gesamten Zeit an der Schützenbahn bedanken. Danke, dass du meine Größe zu schätzen wusstest und mich schon früh in die Schützenbahn-Familie integriert hast. Außerdem danke ich dir für die Mitbetreuung meiner Arbeit, die vielen Tipps und Ratschläge, die produktiven Gespräche und die vielen lustigen Momente im Bermudadreieck.

Ich bedanke mich auch bei allen Lehrkräften, bei allen Schülerinnen und Schülern sowie bei allen studentischen Hilfskräften, die die Datenerhebungen im Rahmen meiner Arbeit auch unter erschwerten Bedingungen möglich gemacht haben und mich mit sehr viel Engagement bei der Umsetzung meines Vorhabens unterstützt haben. Diese Unterstützung hat maßgeblich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Vielen Dank an Katrin Falchi, Janina Schmidt, Christoph Pelka und Hermann Vielhauer für die große Hilfsbereitschaft bei allen kleinen und großen Problemen des Schützenbahnalltags.

Zusätzlich möchte ich mich bei allen Arbeitskolleginnen und Arbeitskollegen für die sehr schöne gemeinsame Zeit an der Schützenbahn, bei Tagungen oder auch bei gemeinsamen Unternehmungen bedanken. Besonders erwähnen möchte ich dabei alle, mit denen ich im Laufe der Jahre ein Büro teilen durfte: Vanessa Fischer, Henning Krake, Kübra Celik, Martin Steinbach und Erika Knack. Vielen Dank für die harmonische und lustige gemeinsame Zeit im Büro und dafür, dass ihr mich auch in stressigen Phasen ertragen habt.

Zuletzt danke ich meiner Familie und dem Jan. Vielen Dank, dass ihr immer an mich geglaubt habt und mich in allen meinen Vorhaben unterstützt habt. Ohne euch hätte ich das nicht geschafft!

Bisher erschienene Bände der Reihe *„Studien zum Physik- und Chemielernen“*

ISSN 1614-8967 (vormals *Studien zum Physiklernen* ISSN 1435-5280)

1 Helmut Fischler, Jochen Peuckert (Hrsg.): Concept Mapping in fachdidaktischen Forschungsprojekten der Physik und Chemie
ISBN 978-3-89722-256-4 40.50 EUR

2 Anja Schoster: Bedeutungsentwicklungsprozesse beim Lösen algorithmischer Physikaufgaben. *Eine Fallstudie zu Lernprozessen von Schülern im Physiknachhilfeunterricht während der Bearbeitung algorithmischer Physikaufgaben*
ISBN 978-3-89722-045-4 40.50 EUR

3 Claudia von Aufschnaiter: Bedeutungsentwicklungen, Interaktionen und situatives Erleben beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-89722-143-7 40.50 EUR

4 Susanne Haeberlen: Lernprozesse im Unterricht mit Wasserstromkreisen. *Eine Fallstudie in der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-89722-172-7 40.50 EUR

5 Kerstin Haller: Über den Zusammenhang von Handlungen und Zielen. *Eine empirische Untersuchung zu Lernprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-242-7 40.50 EUR

6 Michaela Horstendahl: Motivationale Orientierungen im Physikunterricht
ISBN 978-3-89722-227-4 50.00 EUR

7 Stefan Deylitz: Lernergebnisse in der Quanten-Atomphysik. *Evaluation des Bremer Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-89722-291-5 40.50 EUR

8 Lorenz Hucke: Handlungsregulation und Wissenserwerb in traditionellen und computergestützten Experimenten des physikalischen Praktikums
ISBN 978-3-89722-316-5 50.00 EUR

9 Heike Theyßen: Ein Physikpraktikum für Studierende der Medizin. *Darstellung der Entwicklung und Evaluation eines adressatenspezifischen Praktikums nach dem Modell der Didaktischen Rekonstruktion*
ISBN 978-3-89722-334-9 40.50 EUR

10 Annette Schick: Der Einfluß von Interesse und anderen selbstbezogenen Kognitionen auf Handlungen im Physikunterricht. *Fallstudien zu Interessenhandlungen im Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-380-6 40.50 EUR

11 Roland Berger: Moderne bildgebende Verfahren der medizinischen Diagnostik. *Ein Weg zu interessanterem Physikunterricht*
ISBN 978-3-89722-445-2 40.50 EUR

12 Johannes Werner: Vom Licht zum Atom. *Ein Unterrichtskonzept zur Quantenphysik unter Nutzung des Zeigermodells*
ISBN 978-3-89722-471-1 40.50 EUR

13 Florian Sander: Verbindung von Theorie und Experiment im physikalischen Praktikum. *Eine empirische Untersuchung zum handlungsbezogenen Vorverständnis und dem Einsatz grafikorientierter Modellbildung im Praktikum*
ISBN 978-3-89722-482-7 40.50 EUR

14 Jörn Gerdes: Der Begriff der physikalischen Kompetenz. *Zur Validierung eines Konstruktes*
ISBN 978-3-89722-510-7 40.50 EUR

15 Malte Meyer-Arndt: Interaktionen im Physikpraktikum zwischen Studierenden und Betreuern. *Feldstudie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen im physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-541-1 40.50 EUR

16 Dietmar Höttecke: Die Natur der Naturwissenschaften historisch verstehen. *Fachdidaktische und wissenschaftshistorische Untersuchungen*
ISBN 978-3-89722-607-4 40.50 EUR

17 Gil Gabriel Mavanga: Entwicklung und Evaluation eines experimentell- und phänomenorientierten Optikcurriculums. *Untersuchung zu Schülervorstellungen in der Sekundarstufe I in Mosambik und Deutschland*
ISBN 978-3-89722-721-7 40.50 EUR

18 Meike Ute Zastrow: Interaktive Experimentieranleitungen. *Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit Messgeräten im Physikalischen Praktikum*
ISBN 978-3-89722-802-3 40.50 EUR

19 Gunnar Friege: Wissen und Problemlösen. *Eine empirische Untersuchung des wissenszentrierten Problemlösens im Gebiet der Elektrizitätslehre auf der Grundlage des Experten-Novizen-Vergleichs*
ISBN 978-3-89722-809-2 40.50 EUR

20 Erich Starauschek: Physikunterricht nach dem Karlsruher Physikkurs. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie*
ISBN 978-3-89722-823-8 40.50 EUR

21 Roland Paatz: Charakteristika analogiebasierten Denkens. *Vergleich von Lernprozessen in Basis- und Zielbereich*
ISBN 978-3-89722-944-0 40.50 EUR

22 Silke Mikelskis-Seifert: Die Entwicklung von Metakonzepten zur Teilchenvorstellung bei Schülern. *Untersuchung eines Unterrichts über Modelle mithilfe eines Systems multipler Repräsentationsebenen*
ISBN 978-3-8325-0013-9 40.50 EUR

23 Brunhild Landwehr: Distanzen von Lehrkräften und Studierenden des Sachunterrichts zur Physik. *Eine qualitativ-empirische Studie zu den Ursachen*
ISBN 978-3-8325-0044-3 40.50 EUR

24 Lydia Murmann: Physiklernen zu Licht, Schatten und Sehen. *Eine phänomenografische Untersuchung in der Primarstufe*
ISBN 978-3-8325-0060-3 40.50 EUR

25 Thorsten Bell: Strukturprinzipien der Selbstregulation. *Komplexe Systeme, Elementarisierungen und Lernprozessstudien für den Unterricht der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-0134-1 40.50 EUR

26 Rainer Müller: Quantenphysik in der Schule
ISBN 978-3-8325-0186-0 40.50 EUR

27 Jutta Roth: Bedeutungsentwicklungsprozesse von Physikerinnen und Physikern in den Dimensionen Komplexität, Zeit und Inhalt
ISBN 978-3-8325-0183-9 40.50 EUR

28 Andreas Saniter: Spezifika der Verhaltensmuster fortgeschrittener Studierender der Physik
ISBN 978-3-8325-0292-8 40.50 EUR

29 Thomas Weber: Kumulatives Lernen im Physikunterricht. *Eine vergleichende Untersuchung in Unterrichtsgängen zur geometrischen Optik*
ISBN 978-3-8325-0316-1 40.50 EUR

30 Markus Rehm: Über die Chancen und Grenzen moralischer Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-0368-0 40.50 EUR

31 Marion Budde: Lernwirkungen in der Quanten-Atom-Physik. *Fallstudien über Resonanzen zwischen Lernangeboten und SchülerInnen-Vorstellungen*
ISBN 978-3-8325-0483-0 40.50 EUR

32 Thomas Reyer: Oberflächenmerkmale und Tiefenstrukturen im Unterricht. *Exemplarische Analysen im Physikunterricht der gymnasialen Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-0488-5 40.50 EUR

33 Christoph Thomas Müller: Subjektive Theorien und handlungsleitende Kognitionen von Lehrern als Determinanten schulischer Lehr-Lern-Prozesse im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0543-1 40.50 EUR

34 Gabriela Jonas-Ahrend: Physiklehrervorstellungen zum Experiment im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-0576-9 40.50 EUR

35 Dimitrios Stavrou: Das Zusammenspiel von Zufall und Gesetzmäßigkeiten in der nichtlinearen Dynamik. *Didaktische Analyse und Lernprozesse*
ISBN 978-3-8325-0609-4 40.50 EUR

36 Katrin Engeln: Schülerlabors: authentische, aktivierende Lernumgebungen als Möglichkeit, Interesse an Naturwissenschaften und Technik zu wecken
ISBN 978-3-8325-0689-6 40.50 EUR

37 Susann Hartmann: Erklärungsvielfalt
ISBN 978-3-8325-0730-5 40.50 EUR

38 Knut Neumann: Didaktische Rekonstruktion eines physikalischen Praktikums für Physiker
ISBN 978-3-8325-0762-6 40.50 EUR

39 Michael Späth: Kontextbedingungen für Physikunterricht an der Hauptschule. *Möglichkeiten und Ansatzpunkte für einen fachübergreifenden, handlungsorientierten und berufsorientierten Unterricht*
ISBN 978-3-8325-0827-2 40.50 EUR

40 Jörg Hirsch: Interesse, Handlungen und situatives Erleben von Schülerinnen und Schülern beim Bearbeiten physikalischer Aufgaben
ISBN 978-3-8325-0875-3 40.50 EUR

41 Monika Hüther: Evaluation einer hypermedialen Lernumgebung zum Thema Gasgesetze. *Eine Studie im Rahmen des Physikpraktikums für Studierende der Medizin*
ISBN 978-3-8325-0911-8 40.50 EUR

42 Maike Tesch: Das Experiment im Physikunterricht. *Didaktische Konzepte und Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-0975-0 40.50 EUR

43 Nina Nicolai: Skriptgeleitete Eltern-Kind-Interaktion bei Chemiehausaufgaben. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Säure-Base*
ISBN 978-3-8325-1013-8 40.50 EUR

44 Antje Leisner: Entwicklung von Modellkompetenz im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-1020-6 40.50 EUR

45 Stefan Rumann: Evaluation einer Interventionsstudie zur Säure-Base-Thematik
ISBN 978-3-8325-1027-5 40.50 EUR

46 Thomas Wilhelm: Konzeption und Evaluation eines Kinematik/Dynamik-Lehrgangs zur Veränderung von Schülervorstellungen mit Hilfe dynamisch ikonischer Repräsentationen und graphischer Modellbildung – mit CD-ROM
ISBN 978-3-8325-1046-6 45.50 EUR

47 Andrea Maier-Richter: Computerunterstütztes Lernen mit Lösungsbeispielen in der Chemie. *Eine Evaluationsstudie im Themenbereich Löslichkeit*
ISBN 978-3-8325-1046-6 40.50 EUR

48 Jochen Peuckert: Stabilität und Ausprägung kognitiver Strukturen zum Atombegriff
ISBN 978-3-8325-1104-3 40.50 EUR

49 Maik Walpuski: Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback
ISBN 978-3-8325-1184-5 40.50 EUR

50 Helmut Fischler, Christiane S. Reiners (Hrsg.): Die Teilchenstruktur der Materie im Physik- und Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-1225-5 34.90 EUR

51 Claudia Eysel: Interdisziplinäres Lehren und Lernen in der Lehrerbildung. *Eine empirische Studie zum Kompetenzerwerb in einer komplexen Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1238-5 40.50 EUR

52 Johannes Günther: Lehrerfortbildung über die Natur der Naturwissenschaften. *Studien über das Wissenschaftsverständnis von Grundschullehrkräften*
ISBN 978-3-8325-1287-3 40.50 EUR

53 Christoph Neugebauer: Lernen mit Simulationen und der Einfluss auf das Problemlösen in der Physik
ISBN 978-3-8325-1300-9 40.50 EUR

54 Andreas Schnirch: Gendergerechte Interessen- und Motivationsförderung im Kontext naturwissenschaftlicher Grundbildung. *Konzeption, Entwicklung und Evaluation einer multimedial unterstützten Lernumgebung*
ISBN 978-3-8325-1334-4 40.50 EUR

55 Hilde Köster: Freies Explorieren und Experimentieren. *Eine Untersuchung zur selbstbestimmten Gewinnung von Erfahrungen mit physikalischen Phänomenen im Sachunterricht*
ISBN 978-3-8325-1348-1 40.50 EUR

56 Eva Heran-Dörr: Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung zur Förderung der physikdidaktischen Kompetenz von Sachunterrichtslehrkräften
ISBN 978-3-8325-1377-1 40.50 EUR

57 Agnes Szabone Varnai: Unterstützung des Problemlösens in Physik durch den Einsatz von Simulationen und die Vorgabe eines strukturierten Kooperationsformats
ISBN 978-3-8325-1403-7 40.50 EUR

58 Johannes Rethfeld: Aufgabenbasierte Lernprozesse in selbstorganisationsoffenem Unterricht der Sekundarstufe I zum Themengebiet ELEKTROSTATIK. *Eine Feldstudie in vier 10. Klassen zu einer kartenbasierten Lernumgebung mit Aufgaben aus der Elektrostatik*
ISBN 978-3-8325-1416-7 40.50 EUR

59 Christian Henke: Experimentell-naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in der Oberstufe. *Untersuchung am Beispiel des HIGHSEA-Projekts in Bremerhaven*
ISBN 978-3-8325-1515-7 40.50 EUR

60 Lutz Kasper: Diskursiv-narrative Elemente für den Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer multimedialen Lernumgebung zum Erdmagnetismus*
ISBN 978-3-8325-1537-9 40.50 EUR

61 Thorid Rabe: Textgestaltung und Aufforderung zu Selbsterklärungen beim Physiklernen mit Multimedia
ISBN 978-3-8325-1539-3 40.50 EUR

62 Ina Glemnitz: Vertikale Vernetzung im Chemieunterricht. *Ein Vergleich von traditionellem Unterricht mit Unterricht nach Chemie im Kontext*
ISBN 978-3-8325-1628-4 40.50 EUR

63 Erik Einhaus: Schülerkompetenzen im Bereich Wärmelehre. *Entwicklung eines Testinstruments zur Überprüfung und Weiterentwicklung eines normativen Modells fachbezogener Kompetenzen*
ISBN 978-3-8325-1630-7 40.50 EUR

64 Jasmin Neuroth: Concept Mapping als Lernstrategie. *Eine Interventionsstudie zum Chemielernen aus Texten*
ISBN 978-3-8325-1659-8 40.50 EUR

65 Hans Gerd Hegeler-Burkhart: Zur Kommunikation von Hauptschülerinnen und Hauptschülern in einem handlungsorientierten und fächerübergreifenden Unterricht mit physikalischen und technischen Inhalten
ISBN 978-3-8325-1667-3 40.50 EUR

66 Karsten Rincke: Sprachentwicklung und Fachlernen im Mechanikunterricht. *Sprache und Kommunikation bei der Einführung in den Kraftbegriff*
ISBN 978-3-8325-1699-4 40.50 EUR

67 Nina Strehle: Das Ion im Chemieunterricht. *Alternative Schülervorstellungen und curriculare Konsequenzen*
ISBN 978-3-8325-1710-6 40.50 EUR

68 Martin Hopf: Problemorientierte Schülerexperimente
ISBN 978-3-8325-1711-3 40.50 EUR

69 Anne Beerenwinkel: Fostering conceptual change in chemistry classes using expository texts
ISBN 978-3-8325-1721-2 40.50 EUR

70 Roland Berger: Das Gruppenpuzzle im Physikunterricht der Sekundarstufe II. *Eine empirische Untersuchung auf der Grundlage der Selbstbestimmungstheorie der Motivation*
ISBN 978-3-8325-1732-8 40.50 EUR

71 Giuseppe Colicchia: Physikunterricht im Kontext von Medizin und Biologie. *Entwicklung und Erprobung von Unterrichtseinheiten*
ISBN 978-3-8325-1746-5 40.50 EUR

72 Sandra Winheller: Geschlechtsspezifische Auswirkungen der Lehrer-Schüler-Interaktion im Chemieanfangsunterricht
ISBN 978-3-8325-1757-1 40.50 EUR

73 Isabel Wahser: Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-1815-8 40.50 EUR

74 Claus Brell: Lernmedien und Lernerfolg - reale und virtuelle Materialien im Physikunterricht. *Empirische Untersuchungen in achten Klassen an Gymnasien (Laborstudie) zum Computereinsatz mit Simulation und IBE*
ISBN 978-3-8325-1829-5 40.50 EUR

75 Rainer Wackermann: Überprüfung der Wirksamkeit eines Basismodell-Trainings für Physiklehrer
ISBN 978-3-8325-1882-0 40.50 EUR

76 Oliver Tepner: Effektivität von Aufgaben im Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-1919-3 40.50 EUR

77 Claudia Geyer: Museums- und Science-Center-Besuche im naturwissenschaftlichen Unterricht aus einer motivationalen Perspektive. *Die Sicht von Lehrkräften und Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-1922-3 40.50 EUR

78 Tobias Leonhard: Professionalisierung in der Lehrerbildung. *Eine explorative Studie zur Entwicklung professioneller Kompetenzen in der Lehrererstausbildung*
ISBN 978-3-8325-1924-7 40.50 EUR

79 Alexander Kauertz: Schwierigkeitserzeugende Merkmale physikalischer Leistungstestaufgaben
ISBN 978-3-8325-1925-4 40.50 EUR

80 Regina Hübinger: Schüler auf Weltreise. *Entwicklung und Evaluation von Lehr-/ Lernmaterialien zur Förderung experimentell-naturwissenschaftlicher Kompetenzen für die Jahrgangsstufen 5 und 6*
ISBN 978-3-8325-1932-2 40.50 EUR

81 Christine Waltner: Physik lernen im Deutschen Museum
ISBN 978-3-8325-1933-9 40.50 EUR

82 Torsten Fischer: Handlungsmuster von Physiklehrkräften beim Einsatz neuer Medien. *Fallstudien zur Unterrichtspraxis*
ISBN 978-3-8325-1948-3 42.00 EUR

83 Corinna Kieren: Chemiehausaufgaben in der Sekundarstufe I des Gymnasiums. *Fragebogenerhebung zur gegenwärtigen Praxis und Entwicklung eines optimierten Hausaufgabendesigns im Themenbereich Säure-Base*
978-3-8325-1975-9 37.00 EUR

84 Marco Thiele: Modelle der Thermohalinen Zirkulation im Unterricht. *Eine empirische Studie zur Förderung des Modellverständnisses*
ISBN 978-3-8325-1982-7 40.50 EUR

85 Bernd Zinn: Physik lernen, um Physik zu lehren. *Eine Möglichkeit für interessanteren Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-1995-7 39.50 EUR

86 Esther Klaes: Außerschulische Lernorte im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Die Perspektive der Lehrkraft*
ISBN 978-3-8325-2006-9 43.00 EUR

87 Marita Schmidt: Kompetenzmodellierung und -diagnostik im Themengebiet Energie der Sekundarstufe I. *Entwicklung und Erprobung eines Testinventars*
ISBN 978-3-8325-2024-3 37.00 EUR

88 Gudrun Franke-Braun: Aufgaben mit gestuften Lernhilfen. *Ein Aufgabenformat zur Förderung der sachbezogenen Kommunikation und Lernleistung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-2026-7 38.00 EUR

89 Silke Klos: Kompetenzförderung im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht. *Der Einfluss eines integrierten Unterrichtskonzepts*
ISBN 978-3-8325-2133-2 37.00 EUR

90 Ulrike Elisabeth Burkard: Quantenphysik in der Schule. *Bestandsaufnahme, Perspektiven und Weiterentwicklungsmöglichkeiten durch die Implementation eines Medienservers*
ISBN 978-3-8325-2215-5 43.00 EUR

91 Ulrike Gromadecki: Argumente in physikalischen Kontexten. *Welche Geltungsgründe halten Physikanfänger für überzeugend?*
ISBN 978-3-8325-2250-6 41.50 EUR

92 Jürgen Bruns: Auf dem Weg zur Förderung naturwissenschaftsspezifischer Vorstellungen von zukünftigen Chemie-Lehrenden
ISBN 978-3-8325-2257-5 43.50 EUR

93 Cornelius Marsch: Räumliche Atomvorstellung. *Entwicklung und Erprobung eines Unterrichtskonzeptes mit Hilfe des Computers*
ISBN 978-3-8325-2293-3 82.50 EUR

94 Maja Brückmann: Sachstrukturen im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2272-8 39.50 EUR

95 Sabine Fechner: Effects of Context-oriented Learning on Student Interest and Achievement in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-2343-5 36.50 EUR

96 Clemens Nagel: eLearning im Physikalischen Anfängerpraktikum
ISBN 978-3-8325-2355-8 39.50 EUR

97 Josef Riese: Professionelles Wissen und professionelle Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-2376-3 39.00 EUR

98 Sascha Bernholt: Kompetenzmodellierung in der Chemie. *Theoretische und empirische Reflexion am Beispiel des Modells hierarchischer Komplexität*
ISBN 978-3-8325-2447-0 40.00 EUR

99 Holger Christoph Stawitz: Auswirkung unterschiedlicher Aufgabenprofile auf die Schülerleistung. *Vergleich von Naturwissenschafts- und Problemlöseaufgaben der PISA 2003-Studie*
ISBN 978-3-8325-2451-7 37.50 EUR

100 Hans Ernst Fischer, Elke Sumfleth (Hrsg.): nwu-essen – 10 Jahre Essener Forschung zum naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-3331-1 40.00 EUR

101 Hendrik Härtig: Sachstrukturen von Physikschulbüchern als Grundlage zur Bestimmung der Inhaltsvalidität eines Tests
ISBN 978-3-8325-2512-5 34.00 EUR

102 Thomas Grüß-Niehaus: Zum Verständnis des Löslichkeitskonzeptes im Chemieunterricht. *Der Effekt von Methoden progressiver und kollaborativer Reflexion*
ISBN 978-3-8325-2537-8 40.50 EUR

103 Patrick Bronner: Quantenoptische Experimente als Grundlage eines Curriculums zur Quantenphysik des Photons
ISBN 978-3-8325-2540-8 36.00 EUR

104 Adrian Voßkühler: Blickbewegungsmessung an Versuchsaufbauten. *Studien zur Wahrnehmung, Verarbeitung und Usability von physikbezogenen Experimenten am Bildschirm und in der Realität*
ISBN 978-3-8325-2548-4 47.50 EUR

105 Verena Tobias: Newton'sche Mechanik im Anfangsunterricht. *Die Wirksamkeit einer Einführung über die zweidimensionale Dynamik auf das Lehren und Lernen*
ISBN 978-3-8325-2558-3 54.00 EUR

106 Christian Rogge: Entwicklung physikalischer Konzepte in aufgabenbasierten Lernumgebungen
ISBN 978-3-8325-2574-3 45.00 EUR

107 Mathias Ropohl: Modellierung von Schülerkompetenzen im Basiskonzept Chemische Reaktion. *Entwicklung und Analyse von Testaufgaben*
ISBN 978-3-8325-2609-2 36.50 EUR

108 Christoph Kulgemeyer: Physikalische Kommunikationskompetenz. *Modellierung und Diagnostik*
ISBN 978-3-8325-2674-0 44.50 EUR

109 Jennifer Olszewski: The Impact of Physics Teachers' Pedagogical Content Knowledge on Teacher Actions and Student Outcomes
ISBN 978-3-8325-2680-1 33.50 EUR

110 Annika Ohle: Primary School Teachers' Content Knowledge in Physics and its Impact on Teaching and Students' Achievement
ISBN 978-3-8325-2684-9 36.50 EUR

111 Susanne Mannel: Assessing scientific inquiry. *Development and evaluation of a test for the low-performing stage*
ISBN 978-3-8325-2761-7 40.00 EUR

112 Michael Plomer: Physik physiologisch passend praktiziert. *Eine Studie zur Lernwirksamkeit von traditionellen und adressatenspezifischen Physikpraktika für die Physiologie*
ISBN 978-3-8325-2804-1 34.50 EUR

113 Alexandra Schulz: Experimentierspezifische Qualitätsmerkmale im Chemieunterricht. *Eine Videostudie*
ISBN 978-3-8325-2817-1 40.00 EUR

114 Franz Boczianowski: Eine empirische Untersuchung zu Vektoren im Physikunterricht der Mittelstufe
ISBN 978-3-8325-2843-0 39.50 EUR

115 Maria Ploog: Internetbasiertes Lernen durch Textproduktion im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-2853-9 39.50 EUR

116 Anja Dhein: Lernen in Explorier- und Experimentiersituationen. *Eine explorative Studie zu Bedeutungsentwicklungsprozessen bei Kindern im Alter zwischen 4 und 6 Jahren*
ISBN 978-3-8325-2859-1 45.50 EUR

117 Irene Neumann: Beyond Physics Content Knowledge. *Modeling Competence Regarding Nature of Scientific Inquiry and Nature of Scientific Knowledge*
ISBN 978-3-8325-2880-5 37.00 EUR

118 Markus Emden: Prozessorientierte Leistungsmessung des naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens. *Eine vergleichende Studie zu Diagnoseinstrumenten zu Beginn der Sekundarstufe I*
ISBN 978-3-8325-2867-6 38.00 EUR

119 Birgit Hofmann: Analyse von Blickbewegungen von Schülern beim Lesen von physikbezogenen Texten mit Bildern. *Eye Tracking als Methodenwerkzeug in der physikdidaktischen Forschung*
ISBN 978-3-8325-2925-3 59.00 EUR

120 Rebecca Knobloch: Analyse der fachinhaltlichen Qualität von Schüleräußerungen und deren Einfluss auf den Lernerfolg. *Eine Videostudie zu kooperativer Kleingruppenarbeit*
ISBN 978-3-8325-3006-8 36.50 EUR

121 Julia Hostenbach: Entwicklung und Prüfung eines Modells zur Beschreibung der Bewertungskompetenz im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3013-6 38.00 EUR

122 Anna Windt: Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. *Evaluation verschiedener Lernsituationen*
ISBN 978-3-8325-3020-4 43.50 EUR

123 Eva Kölbach: Kontexteinflüsse beim Lernen mit Lösungsbeispielen
ISBN 978-3-8325-3025-9 38.50 EUR

124 Anna Lau: Passung und vertikale Vernetzung im Chemie- und Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3021-1 36.00 EUR

125 Jan Lamprecht: Ausbildungswege und Komponenten professioneller Handlungskompetenz. *Vergleich von Quereinsteigern mit Lehramtsabsolventen für Gymnasien im Fach Physik*
ISBN 978-3-8325-3035-8 38.50 EUR

126 Ulrike Böhm: Förderung von Verstehensprozessen unter Einsatz von Modellen
ISBN 978-3-8325-3042-6 41.00 EUR

127 Sabrina Dollny: Entwicklung und Evaluation eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-3046-4 37.00 EUR

128 Monika Zimmermann: Naturwissenschaftliche Bildung im Kindergarten. *Eine integrative Längsschnittstudie zur Kompetenzentwicklung von Erzieherinnen*
ISBN 978-3-8325-3053-2 54.00 EUR

129 Ulf Saballus: Über das Schlussfolgern von Schülerinnen und Schülern zu öffentlichen Kontroversen mit naturwissenschaftlichem Hintergrund. *Eine Fallstudie*
ISBN 978-3-8325-3086-0 39.50 EUR

130 Olaf Krey: Zur Rolle der Mathematik in der Physik. *Wissenschaftstheoretische Aspekte und Vorstellungen Physiklernender*
ISBN 978-3-8325-3101-0 46.00 EUR

131 Angelika Wolf: Zusammenhänge zwischen der Eigenständigkeit im Physikunterricht, der Motivation, den Grundbedürfnissen und dem Lernerfolg von Schülern
ISBN 978-3-8325-3161-4 45.00 EUR

132 Johannes Börlin: Das Experiment als Lerngelegenheit. *Vom interkulturellen Vergleich des Physikunterrichts zu Merkmalen seiner Qualität*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR

133 Olaf Uhden: Mathematisches Denken im Physikunterricht. *Theorieentwicklung und Problemanalyse*
ISBN 978-3-8325-3170-6 45.00 EUR

134 Christoph Gut: Modellierung und Messung experimenteller Kompetenz. *Analyse eines large-scale Experimentiertests*
ISBN 978-3-8325-3213-0 40.00 EUR

135 Antonio Rueda: Lernen mit ExploMultimedial in kolumbianischen Schulen. *Analyse von kurzzeitigen Lernprozessen und der Motivation beim länderübergreifenden Einsatz einer deutschen computergestützten multimedialen Lernumgebung für den naturwissenschaftlichen Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3218-5 45.50 EUR

136 Krisztina Berger: Bilder, Animationen und Notizen. *Empirische Untersuchung zur Wirkung einfacher visueller Repräsentationen und Notizen auf den Wissenserwerb in der Optik*
ISBN 978-3-8325-3238-3 41.50 EUR

137 Antony Crossley: Untersuchung des Einflusses unterschiedlicher physikalischer Konzepte auf den Wissenserwerb in der Thermodynamik der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3275-8 40.00 EUR

138 Tobias Viering: Entwicklung physikalischer Kompetenz in der Sekundarstufe I. *Validierung eines Kompetenzentwicklungsmodells für das Energiekonzept im Bereich Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3277-2 37.00 EUR

139 Nico Schreiber: Diagnostik experimenteller Kompetenz. *Validierung technologiegestützter Testverfahren im Rahmen eines Kompetenzstrukturmodells*
ISBN 978-3-8325-3284-0 39.00 EUR

140 Sarah Hundertmark: Einblicke in kollaborative Lernprozesse. *Eine Fallstudie zur reflektierenden Zusammenarbeit unterstützt durch die Methoden Concept Mapping und Lernbegleitbogen*
ISBN 978-3-8325-3251-2 43.00 EUR

141 Ronny Scherer: Analyse der Struktur, Messinvarianz und Ausprägung komplexer Problemlösekompetenz im Fach Chemie. *Eine Querschnittstudie in der Sekundarstufe I und am Übergang zur Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-3312-0 43.00 EUR

142 Patricia Heitmann: Bewertungskompetenz im Rahmen naturwissenschaftlicher Problemlöseprozesse. *Modellierung und Diagnose der Kompetenzen Bewertung und analytisches Problemlösen für das Fach Chemie*
ISBN 978-3-8325-3314-4 37.00 EUR

143 Jan Fleischhauer: Wissenschaftliches Argumentieren und Entwicklung von Konzepten beim Lernen von Physik
ISBN 978-3-8325-3325-0 35.00 EUR

144 Nermin Özcan: Zum Einfluss der Fachsprache auf die Leistung im Fach Chemie. *Eine Förderstudie zur Fachsprache im Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-3328-1 36.50 EUR

145 Helena van Vorst: Kontextmerkmale und ihr Einfluss auf das Schülerinteresse im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3321-2 38.50 EUR

146 Janine Cappell: Fachspezifische Diagnosekompetenz angehender Physiklehrkräfte in der ersten Ausbildungsphase
ISBN 978-3-8325-3356-4 38.50 EUR

147 Susanne Bley: Förderung von Transferprozessen im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3407-3 40.50 EUR

148 Cathrin Blaes: Die übungsgestützte Lehrerpräsentation im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Effektivität*
ISBN 978-3-8325-3409-7 43.50 EUR

149 Julia Suckut: Die Wirksamkeit von piko-OWL als Lehrerfortbildung. Eine Evaluation zum Projekt *Physik im Kontext* in Fallstudien
ISBN 978-3-8325-3440-0 45.00 EUR

150 Alexandra Dorschu: Die Wirkung von Kontexten in Physikkompetenztestaufgaben
ISBN 978-3-8325-3446-2 37.00 EUR

151 Jochen Scheid: Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: *Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur*
ISBN 978-3-8325-3449-3 49.00 EUR

152 Tim Plasa: Die Wahrnehmung von Schülerlaboren und Schülerforschungszentren
ISBN 978-3-8325-3483-7 35.50 EUR

153 Felix Schoppmeier: Physikkompetenz in der gymnasialen Oberstufe.*Entwicklung und Validierung eines Kompetenzstrukturmodells für den Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-3502-5 36.00 EUR

154 Katharina Groß: Experimente alternativ dokumentieren. *Eine qualitative Studie zur Förderung der Diagnose- und Differenzierungskompetenz in der Chemielehrerbildung*
ISBN 978-3-8325-3508-7 43.50 EUR

155 Barbara Hank: Konzeptwandelprozesse im Anfangsunterricht Chemie. *Eine quasiexperimentelle Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-3519-3 38.50 EUR

156 Katja Freyer: Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3544-5 38.00 EUR

157 Alexander Rachel: Auswirkungen instruktionaler Hilfen bei der Einführung des (Ferro-)Magnetismus. *Eine Vergleichsstudie in der Primar- und Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-3548-3 43.50 EUR

158 Sebastian Ritter: Einfluss des Lerninhalts Nanogrößeneffekte auf Teilchen- und Teilchenmodellvorstellungen von Schülerinnen und Schülern
ISBN 978-3-8325-3558-2 36.00 EUR

159 Andrea Harbach: Problemorientierung und Vernetzung in kontextbasierten Lernaufgaben
ISBN 978-3-8325-3564-3 39.00 EUR

160 David Obst: Interaktive Tafeln im Physikunterricht. *Entwicklung und Evaluation einer Lehrerfortbildung*
ISBN 978-3-8325-3582-7 40.50 EUR

161 Sophie Kirschner: Modellierung und Analyse des Professionswissens von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-3601-5 35.00 EUR

162 Katja Stief: Selbstregulationsprozesse und Hausaufgabenmotivation im Chemieunterricht
ISBN 978-3-8325-3631-2 34.00 EUR

163 Nicola Meschede: Professionelle Wahrnehmung der inhaltlichen Strukturierung im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Theoretische Beschreibung und empirische Erfassung*
ISBN 978-3-8325-3668-8 37.00 EUR

164 Johannes Maximilian Barth: Experimentieren im Physikunterricht der gymnasialen Oberstufe. *Eine Rekonstruktion übergeordneter Einbettungsstrategien*
ISBN 978-3-8325-3681-7 39.00 EUR

165 Sandra Lein: Das Betriebspraktikum in der Lehrerbildung. *Eine Untersuchung zur Förderung der Wissenschafts- und Technikbildung im allgemeinbildenden Unterricht*
ISBN 978-3-8325-3698-5 40.00 EUR

166 Veranika Maiseyenka: Modellbasiertes Experimentieren im Unterricht. *Praxistauglichkeit und Lernwirkungen*
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR

167 Christoph Stolzenberger: Der Einfluss der didaktischen Lernumgebung auf das Erreichen geforderter Bildungsziele am Beispiel der W- und P-Seminare im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-3708-1 38.00 EUR

168 Pia Altenburger: Mehrebenenregressionsanalysen zum Physiklernen im Sachunterricht der Primarstufe. *Ergebnisse einer Evaluationsstudie.*
ISBN 978-3-8325-3717-3 37.50 EUR

169 Nora Ferber: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung von Kompetenzentwicklung im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-3727-2 39.50 EUR

170 Anita Stender: Unterrichtsplanung: Vom Wissen zum Handeln.
Theoretische Entwicklung und empirische Überprüfung des Transformationsmodells der Unterrichtsplanung
ISBN 978-3-8325-3750-0 41.50 EUR

171 Jenna Koenen: Entwicklung und Evaluation von experimentunterstützten Lösungsbeispielen zur Förderung naturwissenschaftlich-experimenteller Arbeitsweisen
ISBN 978-3-8325-3785-2 43.00 EUR

172 Teresa Henning: Empirische Untersuchung kontextorientierter Lernumgebungen in der Hochschuldidaktik. *Entwicklung und Evaluation kontextorientierter Aufgaben in der Studieneingangsphase für Fach- und Nebenfachstudierende der Physik*
ISBN 978-3-8325-3801-9 43.00 EUR

173 Alexander Pusch: Fachspezifische Instrumente zur Diagnose und individuellen Förderung von Lehramtsstudierenden der Physik
ISBN 978-3-8325-3829-3 38.00 EUR

174 Christoph Vogelsang: Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Handlungskompetenz von (angehenden) Physiklehrkräften. *Zusammenhangsanalysen zwischen Lehrerkompetenz und Lehrerperformanz*
ISBN 978-3-8325-3846-0 50.50 EUR

175 Ingo Brebeck: Selbstreguliertes Lernen in der Studieneingangsphase im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3859-0 37.00 EUR

176 Axel Eghtessad: Merkmale und Strukturen von Professionalisierungsprozessen in der ersten und zweiten Phase der Chemielehrerbildung. *Eine empirisch-qualitative Studie mit niedersächsischen Fachleiter_innen der Sekundarstufenlehrämter*
ISBN 978-3-8325-3861-3 45.00 EUR

177 Andreas Nehring: Wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen im Fach Chemie. Eine kompetenzorientierte Modell- und Testentwicklung für den Bereich der Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-3872-9 39.50 EUR

178 Maike Schmidt: Professionswissen von Sachunterrichtslehrkräften. Zusammenhangsanalyse zur Wirkung von Ausbildungshintergrund und Unterrichtserfahrung auf das fachspezifische Professionswissen im Unterrichtsinhalt „Verbrennung“
ISBN 978-3-8325-3907-8 38.50 EUR

179 Jan Winkelmann: Auswirkungen auf den Fachwissenszuwachs und auf affektive Schülermerkmale durch Schüler- und Demonstrationsexperimente im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-3915-3 41.00 EUR

180 Iwen Kobow: Entwicklung und Validierung eines Testinstrumentes zur Erfassung der Kommunikationskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-3927-6 34.50 EUR

181 Yvonne Gramzow: Fachdidaktisches Wissen von Lehramtsstudierenden im Fach Physik. Modellierung und Testkonstruktion
ISBN 978-3-8325-3931-3 42.50 EUR

182 Evelin Schröter: Entwicklung der Kompetenzerwartung durch Lösen physikalischer Aufgaben einer multimedialen Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-3975-7 54.50 EUR

183 Inga Kallweit: Effektivität des Einsatzes von Selbsteinschätzungsbögen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Individuelle Förderung durch selbstreguliertes Lernen*
ISBN 978-3-8325-3965-8 44.00 EUR

184 Andrea Schumacher: Paving the way towards authentic chemistry teaching. *A contribution to teachers' professional development*
ISBN 978-3-8325-3976-4 48.50 EUR

185 David Woitkowski: Fachliches Wissen Physik in der Hochschulausbildung. *Konzeptualisierung, Messung, Niveaubildung*
ISBN 978-3-8325-3988-7 53.00 EUR

186 Marianne Korner: Cross-Age Peer Tutoring in Physik. *Evaluation einer Unterrichtsmethode*
ISBN 978-3-8325-3979-5 38.50 EUR

187 Simone Nakoinz: Untersuchung zur Verknüpfung submikroskopischer und makroskopischer Konzepte im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4057-9 38.50 EUR

188 Sandra Anus: Evaluation individueller Förderung im Chemieunterricht.*Adaptivität von Lerninhalten an das Vorwissen von Lernenden am Beispiel des Basiskonzeptes Chemische Reaktion*
ISBN 978-3-8325-4059-3 43.50 EUR

189 Thomas Roßbegalle: Fachdidaktische Entwicklungsforschung zum besseren Verständnis atmosphärischer Phänomene. *Treibhauseffekt, saurer Regen und stratosphärischer Ozonabbau als Kontexte zur Vermittlung von Basiskonzepten der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4059-3 45.50 EUR

190 Kathrin Steckenmesser-Sander: Gemeinsamkeiten und Unterschiede physikbezogener Handlungs-, Denk- und Lernprozesse von Mädchen und Jungen
ISBN 978-3-8325-4066-1 38.50 EUR

191 Cornelia Geller: Lernprozessorientierte Sequenzierung des Physikunterrichts im Zusammenhang mit Fachwissenserwerb. *Eine Videostudie in Finnland, Deutschland und der Schweiz*
ISBN 978-3-8325-4082-1 35.50 EUR

192 Jan Hofmann: Untersuchung des Kompetenzaufbaus von Physiklehrkräften während einer Fortbildungsmaßnahme
ISBN 978-3-8325-4104-0 38.50 EUR

193 Andreas Dickhäuser: Chemiespezifischer Humor. *Theoriebildung, Materialentwicklung, Evaluation*
ISBN 978-3-8325-4108-8 37.00 EUR

194 Stefan Korte: Die Grenzen der Naturwissenschaft als Thema des Physikunterrichts
ISBN 978-3-8325-4112-5 57.50 EUR

195 Carolin Hülsmann: Kurswahlmotive im Fach Chemie. Eine Studie zum Wahlverhalten und Erfolg von Schülerinnen und Schülern in der gymnasialen Oberstufe
ISBN 978-3-8325-4144-6 49.00 EUR

196 Caroline Körbs: Mindeststandards im Fach Chemie am Ende der Pflichtschulzeit
ISBN 978-3-8325-4148-4 34.00 EUR

197 Andreas Vorholzer: Wie lassen sich Kompetenzen des experimentellen Denkens und Arbeitens fördern? *Eine empirische Untersuchung der Wirkung eines expliziten und eines impliziten Instruktionsansatzes*
ISBN 978-3-8325-4194-1 37.50 EUR

198 Anna Katharina Schmitt: Entwicklung und Evaluation einer Chemielehrerfortbildung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
ISBN 978-3-8325-4228-3 39.50 EUR

199 Christian Maurer: Strukturierung von Lehr-Lern-Sequenzen
ISBN 978-3-8325-4247-4 36.50 EUR

200 Helmut Fischler, Elke Sumfleth (Hrsg.): Professionelle Kompetenz von Lehrkräften der Chemie und Physik
ISBN 978-3-8325-4523-9 34.00 EUR

201 Simon Zander: Lehrerfortbildung zu Basismodellen und Zusammenhänge zum Fachwissen
ISBN 978-3-8325-4248-1 35.00 EUR

202 Kerstin Arndt: Experimentierkompetenz erfassen.
*Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*
ISBN 978-3-8325-4266-5 45.00 EUR

203 Christian Lang: Kompetenzorientierung im Rahmen experimentalchemischer Praktika
ISBN 978-3-8325-4268-9 42.50 EUR

204 Eva Cauet: Testen wir relevantes Wissen? *Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften und gutem und erfolgreichem Unterrichten*
ISBN 978-3-8325-4276-4 39.50 EUR

205 Patrick Löffler: Modellanwendung in Problemlöseaufgaben. *Wie wirkt Kontext?*
ISBN 978-3-8325-4303-7 35.00 EUR

206 Carina Gehlen: Kompetenzstruktur naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4318-1 43.00 EUR

207 Lars Oettinghaus: Lehrerüberzeugungen und physikbezogenes Professionswissen. *Vergleich von Absolventinnen und Absolventen verschiedener Ausbildungswege im Physikreferendariat*
ISBN 978-3-8325-4319-8 38.50 EUR

208 Jennifer Petersen: Zum Einfluss des Merkmals Humor auf die Gesundheitsförderung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Eine Interventionsstudie zum Thema Sonnenschutz*
ISBN 978-3-8325-4348-8 40.00 EUR

209 Philipp Straube: Modellierung und Erfassung von Kompetenzen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung bei (Lehramts-) Studierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-4351-8 35.50 EUR

210 Martin Dickmann: Messung von Experimentierfähigkeiten. *Validierungsstudien zur Qualität eines computerbasierten Testverfahrens*
ISBN 978-3-8325-4356-3 41.00 EUR

211 Markus Bohlmann: Science Education. Empirie, Kulturen und Mechanismen der Didaktik der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4377-8 44.00 EUR

212 Martin Draude: Die Kompetenz von Physiklehrkräften, Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-4382-2 37.50 EUR

213 Henning Rode: Prototypen evidenzbasierten Physikunterrichts. *Zwei empirische Studien zum Einsatz von Feedback und Blackboxes in der Sekundarstufe*
ISBN 978-3-8325-4389-1 42.00 EUR

214 Jan-Henrik Kechel: Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren. *Eine qualitative Studie am Beispiel einer Experimentieraufgabe zum Hooke'schen Gesetz*
ISBN 978-3-8325-4392-1 55.00 EUR

215 Katharina Fricke: Classroom Management and its Impact on Lesson Outcomes in Physics. *A multi-perspective comparison of teaching practices in primary and secondary schools*
ISBN 978-3-8325-4394-5 40.00 EUR

216 Hannes Sander: Orientierungen von Jugendlichen beim Urteilen und Entscheiden in Kontexten nachhaltiger Entwicklung. *Eine rekonstruktive Perspektive auf Bewertungskompetenz in der Didaktik der Naturwissenschaft*
ISBN 978-3-8325-4434-8 46.00 EUR

217 Inka Haak: Maßnahmen zur Unterstützung kognitiver und metakognitiver Prozesse in der Studieneingangsphase. *Eine Design-Based-Research-Studie zum universitären Lernzentrum Physiktreff*
ISBN 978-3-8325-4437-9 46.50 EUR

218 Martina Brandenburger: Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? *Eine Untersuchung mit Studierenden*
ISBN 978-3-8325-4409-6 42.50 EUR

219 Corinna Helms: Entwicklung und Evaluation eines Trainings zur Verbesserung der Erklärqualität von Schülerinnen und Schülern im Gruppenpuzzle
ISBN 978-3-8325-4454-6 42.50 EUR

220 Viktoria Rath: Diagnostische Kompetenz von angehenden Physiklehrkräften. *Modellierung, Testinstrumentenentwicklung und Erhebung der Performanz bei der Diagnose von Schülervorstellungen in der Mechanik*
ISBN 978-3-8325-4456-0 42.50 EUR

221 Janne Krüger: Schülerperspektiven auf die zeitliche Entwicklung der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4457-7 45.50 EUR

222 Stefan Mutke: Das Professionswissen von Chemiereferendarinnen und -referendaren in Nordrhein-Westfalen. *Eine Längsschnittstudie*
ISBN 978-3-8325-4458-4 37.50 EUR

223 Sebastian Habig: Systematisch variierte Kontextaufgaben und ihr Einfluss auf kognitive und affektive Schülerfaktoren
ISBN 978-3-8325-4467-6 40.50 EUR

224 Sven Liepertz: Zusammenhang zwischen dem Professionswissen von Physiklehrkräften, dem sachstrukturellen Angebot des Unterrichts und der Schülerleistung
ISBN 978-3-8325-4480-5 34.00 EUR

225 Elina Platova: Optimierung eines Laborpraktikums durch kognitive Aktivierung
ISBN 978-3-8325-4481-2 39.00 EUR

226 Tim Reschke: Lesegeschichten im Chemieunterricht der Sekundarstufe I zur Unterstützung von situationalem Interesse und Lernerfolg
ISBN 978-3-8325-4487-4 41.00 EUR

227 Lena Mareike Walper: Entwicklung der physikbezogenen Interessen und selbstbezogenen Kognitionen von Schülerinnen und Schülern in der Übergangsphase von der Primar- in die Sekundarstufe. *Eine Längsschnittanalyse vom vierten bis zum siebten Schuljahr*
ISBN 978-3-8325-4495-9 43.00 EUR

228 Stefan Anthofer: Förderung des fachspezifischen Professionswissens von Chemielehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-4498-0 39.50 EUR

229 Marcel Bullinger: Handlungsorientiertes Physiklernen mit instruierten Selbsterklärungen in der Primarstufe. *Eine experimentelle Laborstudie*
ISBN 978-3-8325-4504-8 44.00 EUR

230 Thomas Amenda: Bedeutung fachlicher Elementarisierungen für das Verständnis der Kinematik
ISBN 978-3-8325-4531-4 43.50 EUR

231 Sabrina Milke: Beeinflusst *Priming* das Physiklernen?
*Eine empirische Studie zum Dritten Newtonschen Axiom*
ISBN 978-3-8325-4549-4 42.00 EUR

232 Corinna Erfmann: Ein anschaulicher Weg zum Verständnis der elektromagnetischen Induktion. *Evaluation eines Unterrichtsvorschlags und Validierung eines Leistungsdiagnoseinstruments*
ISBN 978-3-8325-4550-5 49.50 EUR

233 Hanne Rautenstrauch: Erhebung des (Fach-)Sprachstandes bei Lehramtsstudierenden im Kontext des Faches Chemie
ISBN 978-3-8325-4556-7 40.50 EUR

234 Tobias Klug: Wirkung kontextorientierter physikalischer Praktikumsversuche auf Lernprozesse von Studierenden der Medizin
ISBN 978-3-8325-4558-1 37.00 EUR

235 Mareike Bohrmann: Zur Förderung des Verständnisses der Variablenkontrolle im naturwissenschaftlichen Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-4559-8 52.00 EUR

236 Anja Schödl: FALKO-Physik – Fachspezifische Lehrerkompetenzen im Fach Physik. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zur Erfassung des fachspezifischen Professionswissens von Physiklehrkräften*
ISBN 978-3-8325-4553-6 40.50 EUR

237 Hilda Scheuermann: Entwicklung und Evaluation von Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung der Variablenkontrollstrategie beim Planen von Experimenten
ISBN 978-3-8325-4568-0 39.00 EUR

238 Christian G. Strippel: Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung an chemischen Inhalten vermitteln. *Konzeption und empirische Untersuchung einer Ausstellung mit Experimentierstation*
ISBN 978-3-8325-4577-2 41.50 EUR

239 Sarah Rau: Durchführung von Sachunterricht im Vorbereitungsdienst. *Eine längsschnittliche, videobasierte Unterrichtsanalyse*
ISBN 978-3-8325-4579-6 46.00 EUR

240 Thomas Plotz: Lernprozesse zu nicht-sichtbarer Strahlung. *Empirische Untersuchungen in der Sekundarstufe 2*
ISBN 978-3-8325-4624-3 39.50 EUR

241 Wolfgang Aschauer: Elektrische und magnetische Felder. *Eine empirische Studie zu Lernprozessen in der Sekundarstufe II*
ISBN 978-3-8325-4625-0 50.00 EUR

242 Anna Donhauser: Didaktisch rekonstruierte Materialwissenschaft. *Aufbau und Konzeption eines Schülerlabors für den Exzellenzcluster Engineering of Advanced Materials*
ISBN 978-3-8325-4636-6 39.00 EUR

243 Katrin Schüßler: Lernen mit Lösungsbeispielen im Chemieunterricht. *Einflüsse auf Lernerfolg, kognitive Belastung und Motivation*
ISBN 978-3-8325-4640-3 42.50 EUR

244 Timo Fleischer: Untersuchung der chemischen Fachsprache unter besonderer Berücksichtigung chemischer Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-4642-7 46.50 EUR

245 Rosina Steininger: Concept Cartoons als Stimuli für Kleingruppendiskussionen im Chemieunterricht. *Beschreibung und Analyse einer komplexen Lerngelegenheit*
ISBN 978-3-8325-4647-2 39.00 EUR

246 Daniel Rehfeldt: Erfassung der Lehrqualität naturwissenschaftlicher Experimentalpraktika
ISBN 978-3-8325-4590-1 40.00 EUR

247 Sandra Puddu: Implementing Inquiry-based Learning in a Diverse Classroom: Investigating Strategies of Scaffolding and Students' Views of Scientific Inquiry
ISBN 978-3-8325-4591-8 35.50 EUR

248 Markus Bliersbach: Kreativität in der Chemie. *Erhebung und Förderung der Vorstellungen von Chemielehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4593-2 44.00 EUR

249 Lennart Kimpel: Aufgaben in der Allgemeinen Chemie. *Zum Zusammenspiel von chemischem Verständnis und Rechenfähigkeit*
ISBN 978-3-8325-4618-2 36.00 EUR

250 Louise Bindel: Effects of integrated learning: explicating a mathematical concept in inquiry-based science camps
ISBN 978-3-8325-4655-7 37.50 EUR

251 Michael Wenzel: Computereinsatz in Schule und Schülerlabor. *Einstellung von Physiklehrkräften zu Neuen Medien*
ISBN 978-3-8325-4659-5 38.50 EUR

252 Laura Muth: Einfluss der Auswertephase von Experimenten im Physikunterricht. *Ergebnisse einer Interventionsstudie zum Zuwachs von Fachwissen und experimenteller Kompetenz von Schülerinnen und Schülern*
ISBN 978-3-8325-4675-5 36.50 EUR

253 Annika Fricke: Interaktive Skripte im Physikalischen Praktikum. *Entwicklung und Evaluation von Hypermedien für die Nebenfachausbildung*
ISBN 978-3-8325-4676-2 41.00 EUR

254 Julia Haase: Selbstbestimmtes Lernen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. *Eine empirische Interventionsstudie mit Fokus auf Feedback und Kompetenzerleben*
ISBN 978-3-8325-4685-4 38.50 EUR

255 Antje J. Heine: Was ist Theoretische Physik? *Eine wissenschaftstheoretische Betrachtung und Rekonstruktion von Vorstellungen von Studierenden und Dozenten über das Wesen der Theoretischen Physik*
ISBN 978-3-8325-4691-5 46.50 EUR

256 Claudia Meinhardt: Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern
ISBN 978-3-8325-4712-7 47.00 EUR

257 Ann-Kathrin Schlüter: Professionalisierung angehender Chemielehrkräfte für einen Gemeinsamen Unterricht
ISBN 978-3-8325-4713-4 53.50 EUR

258 Stefan Richtberg: Elektronenbahnen in Feldern. Konzeption und Evaluation einer webbasierten Lernumgebung
ISBN 978-3-8325-4723-3 49.00 EUR

259 Jan-Philipp Burde: Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells
ISBN 978-3-8325-4726-4 57.50 EUR

260 Frank Finkenberg: Flipped Classroom im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-4737-4 42.50 EUR

261 Florian Treisch: Die Entwicklung der Professionellen Unterrichtswahrnehmung im Lehr-Lern-Labor Seminar
ISBN 978-3-8325-4741-4 41.50 EUR

262 Desiree Mayr: Strukturiertheit des experimentellen naturwissenschaftlichen Problemlöseprozesses
ISBN 978-3-8325-4757-8 37.00 EUR

263 Katrin Weber: Entwicklung und Validierung einer Learning Progression für das Konzept der chemischen Reaktion in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4762-2 48.50 EUR

264 Hauke Bartels: Entwicklung und Bewertung eines performanznahen Videovignettentests zur Messung der Erklärfähigkeit von Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-4804-9 37.00 EUR

265 Karl Marniok: Zum Wesen von Theorien und Gesetzen in der Chemie. *Begriffsanalyse und Förderung der Vorstellungen von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4805-6 42.00 EUR

266 Marisa Holzapfel: Fachspezifischer Humor als Methode in der Gesundheitsbildung im Übergang von der Primarstufe zur Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-4808-7 50.00 EUR

267 Anna Stolz: Die Auswirkungen von Experimentiersituationen mit unterschiedlichem Öffnungsgrad auf Leistung und Motivation der Schülerinnen und Schüler
ISBN 978-3-8325-4781-3 38.00 EUR

268 Nina Ulrich: Interaktive Lernaufgaben in dem digitalen Schulbuch eChemBook. *Einfluss des Interaktivitätsgrads der Lernaufgaben und des Vorwissens der Lernenden auf den Lernerfolg*
ISBN 978-3-8325-4814-8 43.50 EUR

269 Kim-Alessandro Weber: Quantenoptik in der Lehrerfortbildung. *Ein bedarfsgeprägtes Fortbildungskonzept zum Quantenobjekt „Photon“ mit Realexperimenten*
ISBN 978-3-8325-4792-9 55.00 EUR

270 Nina Skorsetz: Empathisierer und Systematisierer im Vorschulalter. *Eine Fragebogen- und Videostudie zur Motivation, sich mit Naturphänomenen zu beschäftigen*
ISBN 978-3-8325-4825-4 43.50 EUR

271 Franziska Kehne: Analyse des Transfers von kontextualisiert erworbenem Wissen im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4846-9 45.00 EUR

272 Markus Elsholz: Das akademische Selbstkonzept angehender Physiklehrkräfte als Teil ihrer professionellen Identität. *Dimensionalität und Veränderung während einer zentralen Praxisphase*
ISBN 978-3-8325-4857-5 37.50 EUR

273 Joachim Müller: Studienerfolg in der Physik. *Zusammenhang zwischen Modellierungskompetenz und Studienerfolg*
ISBN 978-3-8325-4859-9 35.00 EUR

274 Jennifer Dörschelln: Organische Leuchtdioden. *Implementation eines innovativen Themas in den Chemieunterricht*
ISBN 978-3-8325-4865-0 59.00 EUR

275 Stephanie Strelow: Beliefs von Studienanfängern des Kombi-Bachelors Physik über die Natur der Naturwissenschaften
ISBN 978-3-8325-4881-0 40.50 EUR

276 Dennis Jaeger: Kognitive Belastung und aufgabenspezifische sowie personenspezifische Einflussfaktoren beim Lösen von Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-4928-2 50.50 EUR

277 Vanessa Fischer: Der Einfluss von Interesse und Motivation auf die Messung von Fach- und Bewertungskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4933-6 39.00 EUR

278 René Dohrmann: Professionsbezogene Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Veranstaltung. *Eine multimethodische Studie zu den professionsbezogenen Wirkungen einer Lehr-Lern-Labor-Blockveranstaltung auf Studierende der Bachelorstudiengänge Lehramt Physik und Grundschulpädagogik (Sachunterricht)*
ISBN 978-3-8325-4958-9 40.00 EUR

279 Meike Bergs: Can We Make Them Use These Strategies? *Fostering Inquiry-Based Science Learning Skills with Physical and Virtual Experimentation Environments*
ISBN 978-3-8325-4962-6 39.50 EUR

280 Marie-Therese Hauerstein: Untersuchung zur Effektivität von Strukturierung und Binnendifferenzierung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Evaluation der Strukturierungshilfe Lernleiter*
ISBN 978-3-8325-4982-4 42.50 EUR

281 Verena Zucker: Erkennen und Beschreiben von formativem Assessment im naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht. *Entwicklung eines Instruments zur Erfassung von Teilfähigkeiten der professionellen Wahrnehmung von Lehramtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-4991-6 38.00 EUR

282 Victoria Telser: Erfassung und Förderung experimenteller Kompetenz von Lehrkräften im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-4996-1 50.50 EUR

283 Kristine Tschirschky: Entwicklung und Evaluation eines gedächtnisorientierten Aufgabendesigns für Physikaufgaben
ISBN 978-3-8325-5002-8 42.50 EUR

284 Thomas Elert: Course Success in the Undergraduate General Chemistry Lab
ISBN 978-3-8325-5004-2 41.50 EUR

285 Britta Kalthoff: Explizit oder implizit? *Untersuchung der Lernwirksamkeit verschiedener fachmethodischer Instruktionen im Hinblick auf fachmethodische und fachinhaltliche Fähigkeiten von Sachunterrichtsstudierenden*
ISBN 978-3-8325-5013-4 37.50 EUR

286 Thomas Dickmann: Visuelles Modellverständnis und Studienerfolg in der Chemie. *Zwei Seiten einer Medaille*
ISBN 978-3-8325-5016-5 44.00 EUR

287 Markus Sebastian Feser: Physiklehrkräfte korrigieren Schülertexte. *Eine Explorationsstudie zur fachlich-konzeptuellen und sprachlichen Leistungsfeststellung und -beurteilung im Physikunterricht*
ISBN 978-3-8325-5020-2 49.00 EUR

288 Matylda Dudzinska: Lernen mit Beispielaufgaben und Feedback im Physikunterricht der Sekundarstufe 1. *Energieerhaltung zur Lösung von Aufgaben nutzen*
ISBN 978-3-8325-5025-7 47.00 EUR

289 Ines Sonnenschein: Naturwissenschaftliche Denk- und Arbeitsprozesse Studierender im Labor
ISBN 978-3-8325-5033-2 52.00 EUR

290 Florian Simon: Der Einfluss von Betreuung und Betreuenden auf die Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen. *Eine Zusammenhangsanalyse von Betreuungsqualität, Betreuermerkmalen und Schülerlaborzielen sowie Replikationsstudie zur Wirksamkeit von Schülerlaborbesuchen*
ISBN 978-3-8325-5036-3 49.50 EUR

291 Marie-Annette Geyer: Physikalisch-mathematische Darstellungswechsel funktionaler Zusammenhänge. *Das Vorgehen von SchülerInnen der Sekundarstufe 1 und ihre Schwierigkeiten*
ISBN 978-3-8325-5047-9 46.50 EUR

292 Susanne Digel: Messung von Modellierungskompetenz in Physik. *Theoretische Herleitung und empirische Prüfung eines Kompetenzmodells physikspezifischer Modellierungskompetenz*
ISBN 978-3-8325-5055-4 41.00 EUR

293 Sönke Janssen: Angebots-Nutzungs-Prozesse eines Schülerlabors analysieren und gestalten. *Ein design-based research Projekt*
ISBN 978-3-8325-5065-3 57.50 EUR

294 Knut Wille: Der Productive Failure Ansatz als Beitrag zur Weiterentwicklung der Aufgabenkultur
ISBN 978-3-8325-5074-5 49.00 EUR

295 Lisanne Kraeva: Problemlösestrategien von Schülerinnen und Schülern diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5110-0 59.50 EUR

296 Jenny Lorentzen: Entwicklung und Evaluation eines Lernangebots im Lehramtsstudium Chemie zur Förderung von Vernetzungen innerhalb des fachbezogenen Professionswissens
ISBN 978-3-8325-5120-9 39.50 EUR

297 Micha Winkelmann: Lernprozesse in einem Schülerlabor unter Berücksichtigung individueller naturwissenschaftlicher Interessenstrukturen
ISBN 978-3-8325-5147-6 48.50 EUR

298 Carina Wöhlke: Entwicklung und Validierung eines Instruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung angehender Physiklehrkräfte
ISBN 978-3-8325-5149-0 43.00 EUR

299 Thomas Schubatzky: Das Amalgam Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht. *Eine multiperspektivische Betrachtung in Deutschland und Österreich*
ISBN 978-3-8325-5159-9 50.50 EUR

300 Amany Annaggar: A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR

301 Alexander Engl: Chemie Pur – Unterrichten in der Natur: *Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Änderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“*
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR

302 Christin Marie Sajons: Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. *Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln*
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR

303 Philipp Bitzenbauer: Quantenoptik an Schulen. *Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik*
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR

304 Malte S. Ubben: Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR

305 Wiebke Kuske-Janßen: Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR

306 Kai Bliesmer: Physik der Küste für außerschulische Lernorte. *Eine Didaktische Rekonstruktion*
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR

307 Nikola Schild: Eignung von domänenspezifischen Studieneingangsvariablen als Prädiktoren für Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik
ISBN 978-3-8325-5226-8 42.00 EUR

308 Daniel Averbeck: Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. *Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen*
ISBN 978-3-8325-5227-5 51.00 EUR

309 Martina Strübe: Modelle und Experimente im Chemieunterricht. *Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln*
ISBN 978-3-8325-5245-9 45.50 EUR

310 Wolfgang Becker: Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR

311 Marvin Rost: Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. *Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive*
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR

312 Christina Kobl: Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR

313 Ann-Kathrin Beretz: Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts – *eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik*
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR

314 Judith Breuer: Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. *Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik*
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR

315 Michaela Oettle: Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. *Eine Delphi-Studie*
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR

316 Volker Brüggemann: Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR

317 Stefan Müller: Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. *Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung*
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR

318 Laurence Müller: Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR

319 Lars Ehlert: Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten
ISBN 978-3-8325-5393-71 41.50 EUR

320 Florian Seiler: Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR

321 Nadine Boele: Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR

322 Franziska Zimmermann: Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR

323 Lars-Frederik Weiß: Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. *Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule*
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR

324 Tilmann Steinmetz: Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. *Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts*
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.00 EUR

325 Kübra Nur Celik: Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. *Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie", „Chemische Reaktion" und„Energie" im Kompetenzbereich Umgang mit Fachwissen*
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR

326 Matthias Ungermann: Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR

327 Christoph Hoyer: Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR

328 Tobias Schüttler: Schülerlabore als interessefördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR

329 Christopher Kurth: Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR

330 Dagmar Michna: Inklusiver Anfangsunterricht Chemie *Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion*
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR

331 Marco Seiter: Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR

332 Jörn Hägele: Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. *Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion*
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR

333 Erik Heine: Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. *Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie*
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR

334 Simon Goertz: Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis *Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie*
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR

335 Christina Toschka: Lernen mit Modellexperimenten *Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten*
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR

336 Alina Behrendt: Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR

337 Manuel Daiber: Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik *Formuliert mit In-Out Symbolen*
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR

338 Felix Pawlak: Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten *Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management*
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR

# Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf, Hans Niedderer, Mathias Ropohl und Elke Sumfleth

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum.
Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

**Kontaktadressen:**


Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Universität Wien,
Österreichisches Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik,
Porzellangasse 4, Stiege 2,
1090 Wien, Österreich,
Tel. +43-1-4277-60330,
e-mail: martin.hopf@univie.ac.at

Prof. Dr. Hans Niedderer
Inst. f. Didaktik der Naturwissenschaften,
Abt. Physikdidaktik,
FB Physik/ Elektrotechnik,
Universität Bremen,
Postfach 33 04 40, 28334 Bremen
Tel. 0421-218 4695 (Sekretariat),
e-mail: niedderer@physik.uni-bremen.de

Prof. Dr. Mathias Ropohl
Didaktik der Chemie,
Fakultät für Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen,
Tel. 0201-183 2704,
e-mail: mathias.ropohl@uni-due.de

Prof. Dr. Elke Sumfleth
Didaktik der Chemie,
Fakultät für Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen
Tel. 0201-183 3757/3761,
e-mail: elke.sumfleth@uni-due.de

Chemiebezogene Kompetenzen werden bereits im Sachunterricht der Grundschule entwickelt und sollen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I aufgegriffen und weiterentwickelt werden. Ziel dieser Studie war es, die chemiebezogenen Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in der Übergangsphase zwischen Sachunterricht und Chemieunterricht zu analysieren. In einer Ergänzungsstudie wurden zusätzlich sowohl die Auswirkungen der Schulschließungen aufgrund der SARS-CoV-II Pandemie auf die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler als auch der Einfluss einer veränderten Testadministration untersucht.

Insgesamt wurden die Kompetenzen von 2262 Lernenden der Jahrgangsstufen 5 bis 9 zu drei Messzeitpunkten analysiert. Die Ergebnisse zeigen, dass die chemiebezogenen Kompetenzen sowohl zum Ende der Grundschulzeit als auch zu Beginn des Chemieunterrichts über alle Kompetenzbereiche hinweg sehr heterogen ausfallen. Dennoch sind sie zu Beginn des Chemieunterrichts in einigen Kompetenzbereichen höher ausgeprägt als zum Ende der Grundschulzeit. Nach den pandemiebedingten Schulschließungen waren die Kompetenzen ähnlich ausgeprägt wie in den gleichen Jahrgangsstufen vor den Schulschließungen. Eine während der Schulschließungen notwendige Bearbeitung der Testhefte von zu Hause aus führte vor allem bei den jüngeren Schülerinnen und Schülern zu besseren Testergebnissen als die Bearbeitung in der Schule. Um die Entwicklung chemiebezogener Kompetenzen in der Übergangsphase zu optimieren, sollte der Erwerb dieser Kompetenzen bereits im Sachunterricht einheitlicher gestaltet werden.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5498-9